

Stefan Frerichs, Manfred Lieber und Thomas Preuß (Hrsg.)

# Flächen- und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement

Methoden und Konzepte



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

Beiträge aus der REFINA-Forschung  
Reihe REFINA Band V



Stefan Frerichs, Manfred Lieber und Thomas Preuß (Hrsg.)

# **Flächen- und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement**

Methoden und Konzepte

Eine Publikation des Förderprogramms „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“ (REFINA) im Rahmen des Programms „Forschung für die Nachhaltigkeit“ (FONA) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Beiträge aus der REFINA-Forschung  
Reihe REFINA Band V

## Beiträge aus der REFINA-Forschung

### Reihe REFINA Band V

Eine Publikation des Förderprogramms „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“ (REFINA) im Rahmen des Programms „Forschung für die Nachhaltigkeit“ (FONA) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

„REFINA – Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“ ist ein Förderschwerpunkt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und wird in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) durchgeführt.

Projektträger ist der Projektträger Jülich/Forschungszentrum Jülich GmbH. Die projekt- und fachübergreifende Programmbegleitung des Forschungsschwerpunktes REFINA übernimmt das Deutsche Institut für Urbanistik GmbH (Difu), Berlin, zusammen mit dem Büro für Kommunal- und Regionalplanung, Aachen.

### Impressum

#### Herausgeber

Stefan Frerichs, Büro für Kommunal- und Regionalplanung (BKR), Aachen  
 Manfred Lieber, Büro für Kommunal- und Regionalplanung (BKR), Aachen  
 Thomas Preuß, Deutsches Institut für Urbanistik GmbH (Difu), Berlin

#### Redaktion

Klaus-Dieter Beißwenger, Deutsches Institut für Urbanistik GmbH (Difu), Berlin

#### Fotos Umschlag und Kapiteleingangsseiten

Umschlag: Baader Konzept GmbH

Kapiteleingangsseiten: Baader Konzept GmbH (Kap. 1 rechts, Kap. 4.1, Kap. 4.2), Universität Würzburg (Kartographie: Winfried Weber, Kap. 1 links), Hasso-Plattner-Institut Potsdam/Technische Universität Berlin (Kap. 2 unten), Thomas Preuß (Kap. 2 oben, Kap. 3 oben, Kap. 4.3, Kap. 7), Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung „gaiac“, An-Institut der RWTH Aachen University (Kap. 3 unten), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (zusammengestellt v. d. Universität Würzburg, Kap. 5, Kap. 6 oben), Landsat Imagery courtesy of NASA Goddard Space Flight Center and U.S. Geological Survey (Kap. 6 unten)

#### Gestaltung und Satz

deziign : johlige werbeagentur, Dallgow-Döberitz

#### Druck und Bindung

Spree Druck Berlin GmbH, Berlin

ISBN: 978-3-88118-444-1

© Deutsches Institut für Urbanistik GmbH (Difu), Berlin 2010

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

#### Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

#### Bestellung und Versand

Deutsches Institut für Urbanistik GmbH

Zimmerstraße 13–15, 10969 Berlin

Telefon: (030) 3 90 01-0, E-Mail: [verlag@difu.de](mailto:verlag@difu.de), Website: [www.difu.de](http://www.difu.de)



# Inhalt

|   |     |
|---|-----|
| <b>Vorwort</b> .....  | 7   |
| <i>Folkert Kiepe, Ralf Bleicher und Norbert Portz</i>   |     |
| <b>1. Einleitung</b>  |     |
| Flächen- und Standortinformationen erheben und bewerten – Methoden und Konzepte für ein nachhaltiges Flächenmanagement .....              | 11  |
| <i>Stefan Frerichs, Manfred Lieber und Thomas Preuß</i>   |     |
| <b>2. Neue Konzepte zur Beobachtung und Prognose der Flächeninanspruchnahme</b>   |     |
| Das Indikatorenset „Flächenbarometer“ .....   | 29  |
| Neue Methoden zur Beobachtung der Flächeninanspruchnahme in Deutschland   |     |
| <i>Ralf Klein, Julia Wettemann, Thomas Esch, Vitus Himmler und Martin Schmidt</i>   |     |
| Perspektiven für eine nachhaltige Flächennutzung .....  | 44  |
| Ansätze und (erste) Ergebnisse des regionalisierten umweltökonomischen Modells PANTA RHEI   |     |
| <i>Martin Distelkamp, Frank Hohmann, Christian Lutz, Philip Ulrich und Marc Ingo Wolter</i>   |     |
| <b>3. Neue Grundlageninformationen für die Standortbewertung</b>  |     |
| Funktionsbewertung urbaner Böden .....  | 57  |
| <i>Friedrich Rück, Hubertus von Dressler, Silke Höke, Markus Rolf, Klaus Thierer, Jürgen Schneider und Susanne David</i>                  |     |
| Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von Schadstoffbelastungen in Böden anhand der Bioverfügbarkeit .....                                   | 69  |
| <i>Konstantin Terytze, Robert Wagner, Kerstin Hund-Rinke, Kerstin Derz, Wolfgang Rotard, Ines Vogel, René Schatten und Rainer Macholz</i> |     |
| <b>4. Integrierende, ganzheitliche Bewertungsmethoden</b>   |     |
| <b>4.1 Bewertung von Nutzungsoptionen auf Einzelflächen</b>   |     |
| Die städtebauliche Optimierung von Standortentwicklungskonzepten für ökologisch belastete Grundstücke .....                               | 83  |
| <i>Ingo Quaas, Kersten Roselt und Thomas Zill</i>   |     |
| Ganzheitliche Evaluation von Nutzungsstrategien für Brachflächen .....  | 97  |
| <i>Michael Finkel, Stephan Bartke, Ruth Rohr-Zänker, Maximilian Morio, Sebastian Schädler und Reimund Schwarze</i>                        |     |
| Kriterien für die Nachhaltigkeit der Nutzung und die Vermarktbarkeit städtischer Brachflächen .....                                       | 110 |
| <i>Dieter Behrendt, Silke Kleinhüchelkotten, Marlies Kloten und H.-Peter Neitzke</i>  |     |
| <b>4.2 Vergleichende Bewertung von Bauflächenpotenzialen</b>  |     |
| Nachhaltige Wohnbaulandentwicklung – Ein Bewertungsrahmen für die Flächennutzungsplanung ..   | 123 |
| <i>Theo Kötter, Sophie Schetke, Benedikt Frielinghaus und Dietmar Weigt</i>   |     |

|  |     |
|--|-----|
| Regionales Portfoliomanagement: Wohlfahrtsökonomische Flächen- und Standortbewertung für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung ..... | 134 |
| <i>Gottfried Lennartz, Anke Ruckes, Timo Heyn, Philipp Schwede, Sebastian Hein, Andreas Vater und Andreas Toschki</i>                |     |

|  |     |
|--|-----|
| Innenentwicklungspotenziale auf kommunaler und regionaler Ebene – Ermittlung des realisierbaren Potenzials ..... | 149 |
| <i>Sabine Müller-Herbers und Christine Kauertz</i>   |     |

|   |     |
|---|-----|
| Flächenkonstanz Saar .....  | 164 |
| Ein innovativer Ansatz zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme im Saarland auf Null Hektar pro Tag bis zum Jahr 2020 |     |
| <i>Peter Doetsch</i>  |     |

### 4.3 Bewertung von Flächen in Gewerbeflächenpools

|   |     |
|---|-----|
| Nutzwertanalytische Flächenbewertung zur Berechnung der Anteile an einem Gewerbeflächenpool ..... | 179 |
| Das Beispiel des REFINA-Projekts GEMRIK   |     |
| <i>Stefan Greiving</i>  |     |

|  |     |
|--|-----|
| Integrierte und konsensorientierte Flächenbewertung für eine nachhaltige Regionalentwicklung ..... | 189 |
| <i>Bernd Murschel, Alfred Ruther-Mehlis, Jörg Schneider und Michael Weber</i>                      |     |

## 5. Monitoring und Prognose von Flächennutzungen

|  |     |
|--|-----|
| Neue Beobachtungstechniken der Flächeninanspruchnahme und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis ..... | 201 |
| <i>Doris Klein, Wieke Heldens, Klaus Einig, Brigitte Zaspel und Bertram Wegner</i>                         |     |

|   |     |
|---|-----|
| Automatische Analyse von Fernerkundungsdaten zur Generierung von Flächeninformationen in urbanen Räumen ..... | 214 |
| <i>Claudia Hagedorn, Adrian Klink, Andreas Völker und Andreas Mütterthies</i>                                 |     |

|   |     |
|---|-----|
| Innovative Kommunikationsinfrastrukturen zur Integration und Bereitstellung von verteilten und heterogenen Flächeninformationen ..... | 224 |
| <i>Lutz Ross, Jürgen Döllner und Birgit Kleinschmit</i>   |     |

## 6. Zusammenfassung und Fazit

|  |     |
|--|-----|
| Flächen- und Standortinformationen erheben und bewerten – Zusammenfassung und Fazit zu den Ergebnissen und Erkenntnissen aus REFINA-Vorhaben ..... | 237 |
| <i>Stefan Frerichs, Manfred Lieber und Thomas Preuß</i>  |     |

## 7. Wegweiser

|  |     |
|--|-----|
| Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner zum Thema „Flächeninformation“ und „Flächenbewertung“ (Auswahl) ..... | 249 |
| Weitere interessante Links (Auswahl) .....   | 251 |
| Auswahl von Veröffentlichungen zur Flächenbewertung für die kommunale Praxis .....                             | 255 |

# Vorwort: Flächen- und Standortbewertung für ein nachhaltiges Flächenmanagement – Methoden und Konzepte

*Gemeinsames Vorwort des Deutschen Städtetages, des Deutschen Städte- und Gemeindebundes und des Deutschen Landkreistages*

Die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme zählt im Rahmen eines umfassenden Ressourcenschutzes zu den großen Herausforderungen einer nachhaltigen Gemeinde- und Stadtentwicklung. In Deutschland werden trotz rückläufiger Einwohnerzahlen weiterhin täglich über einhundert Hektar Freifläche in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewandelt. Die Bundesregierung will im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie bis zum Jahr 2020 eine Reduktion der Flächenneuinanspruchnahme auf 30 Hektar pro Tag erreichen. Dies kann nur mit einer vorrangigen Innenentwicklung im Verhältnis zur Außenentwicklung gelingen. Vor dem Hintergrund des demografischen Wandels sowie hoher Infrastruktur- und Energiekosten liegt eine nachhaltige und bestandsorientierte Siedlungsentwicklung auch im kommunalen Interesse. Die Gemeinde- und Stadträte als Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sowie die Kommunalverwaltungen haben dabei die verantwortungsvolle Aufgabe, den Schutz und die Entwicklung der natürlichen Ressourcen für kommende Generationen zu gewährleisten und zugleich für eine zukunftsfähige Entwicklung in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht zu sorgen.

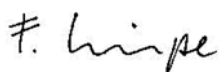
Die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme setzt ein nachhaltiges kommunales Flächenmanagement voraus, das unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten die verschiedenen Interessen an der Flächennutzung miteinander in Einklang bringt. Im Rahmen eines schlüssigen Gesamtkonzepts für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung sind z.B. die Schaffung und Erhaltung von Arbeitsplätzen, sozialverträgliche Grundstücks- und Wohnkosten sowie eine funktionsfähige und bezahlbare Infrastruktur zu gewährleisten. Ein wichtiger Baustein hierbei ist die Stärkung der Innenstädte und Ortskerne. Diese bilden das soziale, kulturelle und wirtschaftliche Zentrum unseres Gemeinwesens. Das Schließen von Baulücken und die Wiedernutzung von Brachflächen bewirken eine Aufwertung der Zentren, eine bessere Auslastung der vorhandenen Infrastruktur und eine Entlastung des Außenbereichs. Auch die Organisation und Regelung der interkommunalen Kooperation bei der Flächenbereitstellung gewinnt zukünftig gerade in den heute bereits dicht bebauten Ballungsgebieten wachsende Bedeutung.

Im Ergebnis vermeiden die Kommunen hohe Planungs- und Investitionskosten sowie eine lange Vorlaufzeit bei der Bereitstellung von Bauflächen. Die Privathaushalte und Unternehmen kommen bei geringen Mobilitätskosten in den Genuss der meist schon vorhandenen technischen, sozialen und kulturellen Infrastruktur.

Die kommunalen Spitzenverbände setzen sich seit jeher gegenüber dem Bund und den Ländern dafür ein, die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme mit positiven Anreizen zu fördern und die Kommunen bei einem nachhaltigen Flächenmanagement zu unterstützen. Dazu zählen auch verbesserte Flächeninformationen sowie zukunftsweisende Methoden und Konzepte zur Flächen- und Standortbewertung. Der Förderschwerpunkt REFINA des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wird diesem Anliegen gerecht, indem er innovative Lösungsansätze für das kommunale Handeln entwickelt und die übertragbaren Konzepte für die Allgemeinheit zugänglich macht.

Ein weiteres Anliegen der kommunalen Spitzenverbände ist die stärkere Orientierung des Flächenmanagements an qualitativen Aspekten. In diesem Zusammenhang bietet REFINA neue Prognose-, Monitoring- und Bewertungsansätze, die den Wert von Innenbereichsflächen für eine nachhaltige kommunale Entwicklung in den Blick nehmen sowie pragmatische und belastbare Lösungen für die interkommunale Zusammenarbeit bei der Flächenbereitstellung bieten.

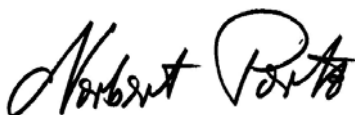
Die in diesem Band versammelten Beiträge von Autorinnen und Autoren aus den REFINA-Vorhaben enthalten wertvolle praxistaugliche Informationen zur kostengünstigen und effektiven Gewinnung von Flächeninformationen, zur Identifizierung von Standorten, die bei der Innenentwicklung vorrangig zu berücksichtigen sind, für die Bewertung von Flächenportfolios wie auch zum Monitoring der Flächennutzung und der Flächenentwicklung. Der Band V aus der REFINA-Schriftenreihe leistet damit einen maßgeblichen Beitrag zur Unterstützung der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und eines nachhaltigen kommunalen Flächenmanagements.



Folkert Kiepe  
Beigeordneter  
des Deutschen Städtetages



Dr. Ralf Bleicher  
Beigeordneter  
des Deutschen Landkreistages

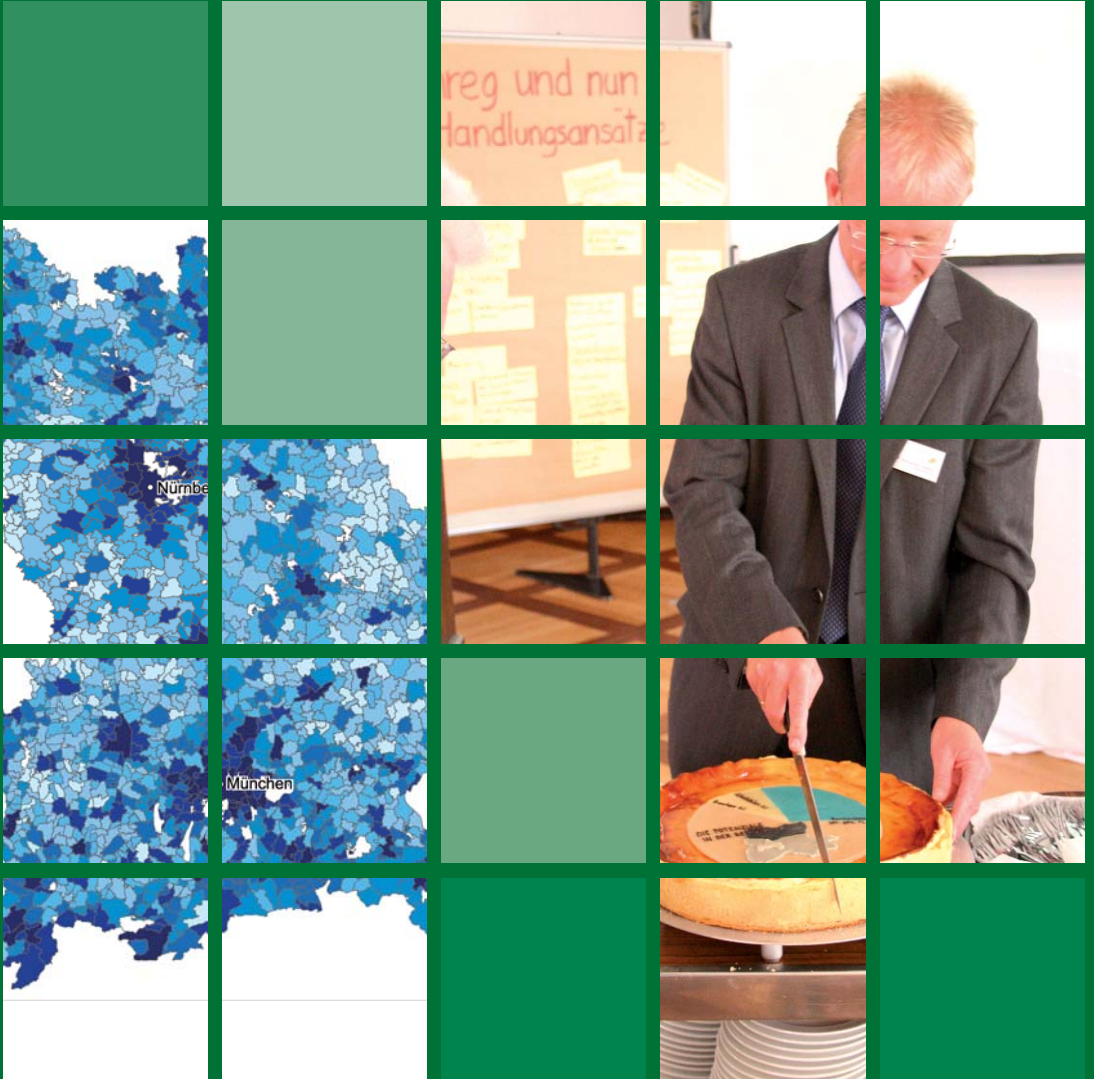


Norbert Portz  
Beigeordneter  
des Deutschen Städte- und Gemeindebundes



# 1

## Einleitung



# Flächen- und Standortinformationen erheben und bewerten – Methoden und Konzepte für ein nachhaltiges Flächenmanagement

Stefan Frerichs, Manfred Lieber und Thomas Preuß

## Stellenwert von Flächeninformation und Flächenbewertung im Rahmen von Politik und Forschung für Nachhaltigkeit

Die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist seit Jahren unverändert hoch, sie lag in den Jahren 2005 bis 2008 durchschnittlich bei täglich 104 Hektar<sup>1</sup>. Für das Jahr 2008 wurde eine tägliche Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche von 95 Hektar ermittelt<sup>2</sup>. Mit dieser Inanspruchnahme von Freiraum, insbesondere landwirtschaftlichen Flächen, ist eine Reihe negativer Folgen für die Umwelt, die sozialen Verhältnisse und die Wirtschaft verbunden, wie z.B. Verlust der natürlichen Bodenfunktionen durch Versiegelung, Landschaftszerschneidung, Verlust an fruchtbaren oder naturnahen Flächen sowie an Biodiversität, zunehmende verkehrsbedingte Lärm- und Luftschadstoffemissionen, wachsender Energie- und Ressourcenverbrauch, steigende Kosten für Mobilität, Ver- und Entsorgung etc. In diesem Zusammenhang hatte sich die 14. Bundesregierung das Ziel gesetzt, den Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche bis zum Jahr 2020 auf 30 Hektar pro Tag zu begrenzen (Mengenziel) sowie eine vorrangige Innenentwicklung im Verhältnis Innen- zu Außenentwicklung von 3:1 (Qualitätsziel) zu erreichen<sup>3</sup>. Auch die Bundesregierung der 17. Legislaturperiode folgt der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und möchte diese weiterentwickeln. Im Zuge einer Überprüfung der Indikatoren soll das bisherige Flächeninanspruchnahme-Ziel im Sinne größtmöglicher ökologischer Wirksamkeit neu definiert werden. Zu den bau- und flächenpolitischen Zielen zählen die Wiederverwendung bereits genutzter Flächen, insbesondere Brachflächen, und die Verdichtung im Innenbereich, die Vorrang vor der Entwicklung im Außenbereich haben sollen. Durch eine Stärkung der Innenentwicklung soll die Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke reduziert werden. Zu den Vorhaben der Bundesregierung zählen auch die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Instrumenten zur Gestaltung der Innenentwicklung wie Brachflächenkataster, Managementpläne für Flächen im Sinne einer Flächenkreislaufwirtschaft, ein zoniertes Satzungsrecht der Kommunen und finanzielle Anreizinstrumente<sup>4</sup>.

1 Statistisches Bundesamt (2009b): Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche: 104 Hektar pro Tag, Pressemitteilung Nr. 426 vom 11.11.2009, Wiesbaden.

2 Statistisches Bundesamt (2009a): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatoren der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu Umwelt und Ökonomie, Wiesbaden, <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/UmweltIndikatoren,property=file.pdf>. Aufgrund von Umstellungsarbeiten in den amtlichen Liegenschaftskatastern ist die Darstellung der Flächenzunahme am aktuellen Rand verzerrt.

3 Bundesregierung (2002): Perspektive für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Berlin, S. 99.

4 Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und FDP, 17. Legislaturperiode, 26.10.2009.



Die Fördermaßnahme „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)“<sup>5</sup> des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt die Ziele der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Mit der Entwicklung von Methoden und Strategien eines nachhaltigen Flächenmanagements trägt REFINA dazu bei, die flächenpolitischen Mengen- und Qualitätsziele des Bundes zu erreichen.

Nachhaltiges Flächenmanagement bzw. eine Flächenkreislaufwirtschaft erfordern ein einheitliches integriertes und abgestimmtes, politik- und handlungsbereichsübergreifendes Vorgehen, das unter einem expliziten integrativen Politikan-satz gebündelt wird und mit einem entsprechend komplexen Instrumenteneinsatz (Policy-Mix) in den Handlungsbereichen Planung, Information, Organisation und Kooperation, Fördermittel und Budget, Vermarktung und Anordnungen verbunden ist. Die bislang verfügbaren Instrumente reichen aber nicht aus, um die vom Bund anvisierten Mengen- und Qualitätsziele in der Flächeninanspruchnahme zu erreichen. Es besteht daher Bedarf an neuen Instrumenten, die die Wirkung bestehender planerischer und informatorischer Instrumente ergänzen und ökonomische Anreize für eine flächensparende Politik setzen<sup>6</sup>.

Die Qualifizierung von Flächeninformationen und Flächenbewertungen im Rahmen eines nachhaltigen Flächenmanagements wurden von Bund, Ländern und kommunalen Spitzenverbänden als besondere Herausforderung erkannt. Die Verbesserung der Informationsgrundlagen sowie die Einführung und Anwendung quantitativer und qualitativer Parameter bzw. Indikatoren zur Bewertung der Flächeninanspruchnahme ist eine wichtige Aufgabe auf dem Weg zur Erreichung der in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie formulierten flächenpolitischen Ziele<sup>7</sup>.

Der Bund und die in der Arbeitsgruppe „Nachhaltigkeit“ vertretenen Bundesländer haben das Flächenmanagement als ein wesentliches Handlungsfeld zur Begrenzung der Flächenneuinanspruchnahme definiert und empfehlen, Instrumente wie Erhebungs- und Informationssysteme zur Erkennung, Mobilisierung und Nutzung von Potenzialen im Bestand zu prüfen<sup>8</sup>.

Der Ausbau des Flächenmonitorings auf Bundes-, Landes-, Regions- und kommunaler Ebene gilt als ein wesentliches Element zur Verbesserung der Informationsgrundlagen und zur Schärfung des Problembewusstseins, wobei neben quantita-

5 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Förderrichtlinien zum Schwerpunkt „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)“, Bonn, 11.10.2004.

6 Vgl. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2007): Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Was leisten bestehende Instrumente? Band 2 der Sonderveröffentlichungsreihe zum ExWoSt-Forschungsfeld „Fläche im Kreis“, Bearb.: Deutsches Institut für Urbanistik u.a., Preuß, Thomas, u.a.; BBR, Dosch, Fabian, u.a., Bonn; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2007): Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Neue Instrumente für neue Ziele. Band 3 der Sonderveröffentlichungsreihe zum ExWoSt-Forschungsfeld „Fläche im Kreis“, Bearb.: Deutsches Institut für Urbanistik u.a., Preuß, Thomas, u.a.; BBR, Dosch, Fabian, u.a., Bonn.

7 Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004): Mehr Wert für die Fläche: Das „Ziel-30-ha“ für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land. Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung an die Bundesregierung, Berlin, S. 28 ff.

8 Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit (2009): Perspektiven für eine weitere Zusammenarbeit von Bund und Ländern zur nachhaltigen Entwicklung. Bericht des Bundes und der Länder Baden-Württemberg, Bremen, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Thüringen.

tiven Kenngrößen auch geeignete Indikatoren für die Messung der Effizienz und Qualität der Flächeninanspruchnahme als notwendig erachtet werden<sup>9</sup>.

Auch die kommunalen Spitzenverbände haben sich in den vergangenen Jahren wiederholt für eine stärkere Innenentwicklung und für die Revitalisierung von Brachflächen ausgesprochen<sup>10</sup>. Frühzeitig hat der Deutsche Städtetag (DST) die Verbesserung und Bündelung von Flächeninformationen, die Erhebung von Daten über Veränderungen in der Flächennutzung empfohlen<sup>11</sup>.

Die REFINA-Forschung greift diese Anforderungen auf und entwickelt neue inter- und transdisziplinäre Ansätze im Bereich des Flächenmanagements. Hierzu zählen auch neue Methoden und Konzepte für die Ermittlung und Bewertung von Standort- und Flächeninformationen sowie das Monitoring der Entwicklung der Flächeninanspruchnahme.

In der REFINA-Bekanntmachung vom 11.10.2004<sup>12</sup> wurde eine Reihe von Forschungsaufgaben formuliert, unter anderem

- Voraussetzungen für Bewertungskonzepte mit vergleichbaren Maßstäben zur Bewertung der Schutzbedürftigkeit ausgewählter Flächen und zur Beurteilung von Bodenqualitäten im Rahmen von detaillierten Boden- und Flächenschutzkonzeptionen weiterzuentwickeln;
- Verfahren für differenziertere regionale und überregionale Analysen der nachhaltigen Raum- und Siedlungsentwicklung und deren Bewertung (Datengrundlagen, Datenmanagement, Trends und Szenarien) zu vervollkommen.

Bereits bei der Konzeption von REFINA war der Themenkomplex Flächeninformation und Flächenbewertung als eines von sechs Querschnittsthemen identifiziert worden. Er war in den Jahren 2007 bis 2009 Gegenstand verschiedener REFINA-Veranstaltungen, so beim ersten REFINA-Statusseminar im März 2007, in Querschnittsthemen-Workshops im Oktober 2007 in Osnabrück und im Januar 2008 in Stuttgart sowie beim zweiten Statusseminar im März 2008 und beim dritten Statusseminar im März 2009 in Berlin<sup>13</sup>.

Die Ergebnisse der REFINA-Forschung haben im Rahmen der Nachhaltigkeitspolitik des Bundes einen hohen Stellenwert. So hat die Bundesregierung in ihrem Fortschrittsbericht 2008 zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie die REFINA-Vorhaben „Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungsbasierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement (Flächenbarometer)“, „Flächeninformationssysteme auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle (REFINA 3D)“ und „Entscheidungssystem zur Abschätzung des langfristigen Infra-

9 Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) (2009): Flächensparen als Aufgabe der Raumordnung. Bericht des Hauptausschusses an die 36. Ministerkonferenz für Raumordnung am 10. Juni 2009, Berlin.

10 Bundesregierung (2008): Fortschrittsbericht zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Teil H: Nachhaltigkeit auf kommunaler Ebene – Beitrag der kommunalen Spitzenverbände, Berlin, S. 196 ff.; Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städte- und Gemeindebund (2009): Bundesregierung und kommunale Spitzenverbände wollen Flächeninanspruchnahme reduzieren. Pressemitteilung vom 10.2.2009; Portz, Norbert (2009): Potenziale nutzen und mobilisieren. Baulandnutzung im Innenbereich der Städte und Gemeinden, in: Stadt und Gemeinde 64 (2009) 6, S. 231-235.

11 Deutscher Städtetag (2002): Strategisches Flächenmanagement und Bodenwirtschaft. Aktuelle Herausforderungen und Handlungsempfehlungen, Positionspapier, Köln, Berlin, S. 4.

12 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): REFINA-Bekanntmachung vom 11.10.2004.

13 Dokumentationen dieser Veranstaltungen sind abrufbar unter: [www.refina-info.de](http://www.refina-info.de)

struktur- und Flächenbedarfs (Esys)“ als wichtige Aktivitäten zur Verbesserung von Bodenbewusstsein und Kommunikation hervorgehoben, da sie Modelle zur Boden- und Flächenbewertung oder zum Einsatz von Fernerkundungsmethoden entwickelt haben<sup>14</sup>.

## Zentrale Fragen der Erhebung und Bewertung von Flächen- und Standortinformationen

Bei näherer Betrachtung des Zuwachses der Siedlungs- und Verkehrsfläche sowie der Struktur der Flächeninanspruchnahme ergibt sich in Bezug auf Flächen- und Standortinformationen eine Reihe von Fragen:

### *Was bedeutet der Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) tatsächlich?*

■ Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist eine statistische Größe der Liegenschaftsverwaltungen des Bundes, der Länder und der Gemeinden. Hierin wird eine Reihe unterschiedlicher Flächenkategorien zusammengefasst, die zum Teil kaum die oben genannten negativen Folgen wie z.B. Bodenversiegelung oder biologische Verarmung haben. In der Siedlungs- und Verkehrsfläche werden die Flächenkategorien Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche (ohne Abbau-land), Erholungsfläche, Verkehrsfläche sowie Fläche für Friedhöfe zusammengefasst. Sie berücksichtigt nicht die Qualität der Flächennutzung; es werden auch Flächen einbezogen, die erst zukünftig bebaut werden sollen (planungsrechtlich festgesetzte Bauflächen) und umfasst ebenso Grünflächen. So nehmen Erholungsflächen (d.h. insbesondere Grünanlagen und Sportflächen) derzeit einen Anteil von acht Prozent an der Siedlungs- und Verkehrsfläche ein. Sie trugen in den Jahren 2005 bis 2008 in erheblichem Umfang (45 ha/Tag) zum Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche bei. Tatsächlich beträgt der Anteil der bebauten und versiegelten Flächen an der Siedlungs- und Verkehrsfläche nach neueren Schätzungen lediglich 40 bis 50 Prozent<sup>15</sup>.

### *Wie haben sich die Siedlungs- und Verkehrsfläche und deren Bestandteile in der Vergangenheit entwickelt?*

■ Die bisherige Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche stellt sich nur auf den ersten Blick eindeutig dar. Tatsächlich haben Umstellungsarbeiten in den amtlichen Katastern (Umschlüsselung der Nutzungsarten im Zuge der Digitalisierung) in den letzten Jahren zu Verzerrungen bei der quantitativen Darstellung der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche geführt. Statistisch bedeutet die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche gleichzeitig die Abnahme anderer Flächenkategorien. Wie diese Umwandlungsprozesse tatsächlich

<sup>14</sup> Bundesregierung (Hrsg.) (2008): Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Für ein nachhaltiges Deutschland, Berlin, S. 146.

<sup>15</sup> Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.); Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR) (Bearb.); Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Auftr., Förd.); Siedentop, Stefan (Projlt.) (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche – Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele, Bonn.

abgelaufen sind, lässt sich allerdings nicht ohne weiteres aus der Statistik entnehmen. Schließlich ist die Widmung einer Fläche als Siedlungs- und Verkehrsfläche noch nicht mit ihrer tatsächlichen Umwandlung gleichzusetzen, so dass z.B. eine Reihe statistisch erfasster Siedlungsgebiete auch nach Jahren noch landwirtschaftlich genutzt wird.

### *Wie werden sich die Siedlungs- und Verkehrsfläche und deren Bestandteile zukünftig entwickeln?*

- Prognose und Steuerung der zukünftigen Flächenentwicklung sind entscheidende Aufgaben der kommunalen Planung, um „die voraussehbaren Bedürfnisse der Gemeinde in den Grundzügen darzustellen“ (§ 5 Abs. 1 BauGB) und gleichzeitig den notwendigen und angemessenen Beitrag zur Erreichung des 30-Hektar-Ziels zu leisten.

### *Welche Ursachen hat die laufende Inanspruchnahme von Freiraum für Siedlungs- und Verkehrsflächen, und welche Einflussmöglichkeiten der Reduzierung lassen sich identifizieren?*

- Der Prozess der Flächeninanspruchnahme und seine Bewertung sind bereits seit langem Gegenstand sowohl eines fachwissenschaftlichen wie auch eines politischen Diskurses. Dabei werden die ausschlaggebenden Faktoren für den Prozess der Flächeninanspruchnahme sowie Einflussmöglichkeiten und geeignete Instrumente auf verschiedenen Planungs- und Entscheidungsebenen erörtert. Unabdingbar für diese Diskussionen sind belastbare und aussagekräftige Daten und Informationen, die alle jeweils angesprochenen Belange auch abbilden können.

### *Was bedeutet nachhaltige Flächeninanspruchnahme, und mit welchen Methoden und Konzepten wird eine nachhaltige Flächeninanspruchnahme gemessen bzw. gesteuert?*

- Die qualitative Steuerung der Flächennutzung bedarf eines entsprechenden Ziel-systems und genauer Kenntnisse einer Vielzahl von flächen- und standortbezogenen Informationen sowie deren Beziehungen untereinander, um sie in den Gesamtzusammenhang nachhaltiger (Flächen-)Entwicklung stellen zu können. Als mögliche Ziele eines nachhaltigen Flächenmanagements werden z.B. Schutz von Böden als Ressource, Schutz von fruchtbaren oder naturnahen Böden und Flächen, Erhalt und Förderung von Biodiversität, Reduzierung verkehrsbedingter Lärm- und Luftschadstoffemissionen, Reduzierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs, Verminderung von Kosten für Mobilität, Ver- und Entsorgung, Schutz von Frischluftbahnen etc. diskutiert und in Indikatoren umgesetzt.

## **Bestehende und neue Konzepte zur Beobachtung, Prognose und Bewertung der Flächeninanspruchnahme in Deutschland**

Die Bewertung der Flächen- und Standortinformationen ist ein zentrales fachliches Element in der räumlichen Planung und insbesondere für ein nachhaltiges Flächenmanagement. Ihre Aufgaben sind die Ermittlung der im Bezug auf die verwendeten Kriterien günstigsten, d.h. nachhaltigsten Nutzungsoption, die Identifikation der für eine Nutzungsalternative überhaupt geeigneten Flächen sowie die

vergleichende Bewertung unterschiedlicher Nutzungsalternativen für eine Fläche. Den Boden- und Flächeninformationen kommt für die Umsetzung der flächenbezogenen Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie und für das nachhaltige Flächenmanagement auf den Ebenen von Kommunen, Kreisen, Regionen, Ländern und der Bundesrepublik Deutschland eine zentrale Bedeutung zu, etwa

- als quantitative (und qualitative) Kenngrößen für ein periodisches Flächenmonitoring und eine Flächenentwicklungsprognose,
- bei der Erfassung, Bewertung und Mobilisierung von Flächenpotenzialen/Baulandreserven,
- als Grundlage für die Planung von Folgenutzungen, für naturschutzrechtliche Eingriffs-/Ausgleichsregelungen sowie für Pflegekonzepte,
- als Grundlage für Kommunikations- und Informationskonzepte für die Öffentlichkeit und für politische Entscheidungsträger.

Neben der Nutzung der bereits bestehenden Geoinformationssysteme (ALK, ATKIS, kommunale Brachflächenkataster, Realnutzungserhebungen, Biotopkartierungen, Bodenkartierungen usw.) sowie der Auswertung von historischen und aktuellen Karten und Luftbildern rücken neue Methoden der flugzeug- und satellitengestützten Fernerkundung von Landnutzungsarten und diesbezüglicher Auswertungstechniken für unterschiedliche Anwender in den Fokus. In verschiedenen Projekten werden Daten unterschiedlicher Quellen genutzt (flugzeug- und satellitengestützte Geodaten, historische Luftbilder mit jeweils unterschiedlicher Auflösung und Informationstiefe [z.B. Farbtiefe, Spektrum] sowie historische und aktuelle topografische Karten).

Der Ausbau des kommunalen Geodatenmanagements und die Einrichtung einer gemeinsamen Geodateninfrastruktur (GDI-DE) sowie die Umsetzung der Vorgaben der im Jahr 2007 in Kraft getretenen EU-INSPIRE-Richtlinie sind für die Kommunen Herausforderung und Chance zugleich<sup>16</sup>. Fortschritte sind hier unter anderem von einer effizienten Verknüpfung von Ansätzen der Standort- und Flächenbewertung mit Geodaten im kommunalen Liegenschaftswesen und der Bauleitplanung zu erwarten.

Das Thema Bewertung spielt im stadt- und regionalplanerischen Kontext schon lange eine wichtige Rolle. Gleichwohl zeigt eine stichprobenhafte Auswertung<sup>17</sup> vorliegender Literatur zu Flächenrecycling und Flächenmanagement, dass sich Bewertung ganz überwiegend konzentriert auf

- Bodenfunktionen,
- Schadstoffgehalte,
- Fragen der Grundstücksbewertung.

In den zurückliegenden Jahren wurden auf der Ebene des Bundes sowie in den Bundesländern und Kommunen Forschungsvorhaben und Modellprojekte durchgeführt, in denen Aspekte der Flächen- und Standortbewertung im Rahmen der Bauleitplanung, bei der Erstellung von Bodenschutzkonzepten bzw. beim Aufbau

<sup>16</sup> Düsterdiek, Bernd (2009): Geodaten werden immer wichtiger. Kommunales Geodatenmanagement, in: Stadt und Gemeinde 63 (2008) 12, S. 454-456.

<sup>17</sup> Stichprobenhafte Auswertung von Forschungsaktivitäten und Datenbanken, unter anderem Fläche im Kreis, Länderaktivitäten Bayern, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, von Band I der REFINA-Reihe („Flächenrecycling in Stadtumbauregionen“) sowie der REFINA-Literaturdatenbank unter [www.refina-info.de](http://www.refina-info.de) und der VEGAS-Datenbank unter [www.vegasinfor.de/Roadmap](http://www.vegasinfor.de/Roadmap).

eines Flächenmanagements untersucht und entsprechende Handlungsempfehlungen abgeleitet wurden<sup>18</sup>. Ebenso hat die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Bewertungsansätze entwickelt<sup>19</sup>.

Verschiedene Ansätze und Konzepte umfassender, integrierender Bewertung von Flächen, die in den zurückliegenden Jahren in verschiedenen Projekten entwickelt wurden, sind in REFINA-Vorhaben integriert bzw. weiterentwickelt worden, z.B. die Entwicklung des Regionalen Gewerbeflächenpools Neckar-Alb (REFINA-Vorhaben „REGENA“), die Boden-Wert-Bilanz<sup>20</sup> (REFINA-Vorhaben „Flächenkonstanz Saar“) oder das Nachhaltigkeitsbarometer Fläche (REFINA-Vorhaben „Flächenbarometer“).

## Forschung zur Erhebung und Bewertung von Flächen- und Standortinformationen in der BMBF-Fördermaßnahme REFINA

Die REFINA-Forschung zur Erhebung und Bewertung von Flächen- und Standortinformationen zeichnet sich durch die Entwicklung neuer Konzepte der Flächensteuerung aus (kooperative Verfahren, verstärkte Nutzung von Innenentwicklungspotenzialen, neue Ansätze bei der Reaktivierung von Innenentwicklungspotenzialen und andere). Für diese Zwecke wäre es unzureichend, bestehende Flächeninformationen und Daten auszuwerten, vielmehr werden zusätzliche Informationen benötigt. Eine Reihe von Projekten entwickelte daher neue Konzepte für die Informationsgewinnung und -verarbeitung und untersuchte deren Praxistauglichkeit. Hierbei standen folgende Aufgaben im Mittelpunkt:

- Gewinnung neuer Erkenntnisse zu Stand und Entwicklung der Flächeninanspruchnahme aus vorhandenen und neu erhobenen Flächeninformationen (Projekte Flächenbarometer, Automatisierte Fernerkundung, Panta Rhei Regio, REFINA3D, Funktionsbewertung urbaner Böden);
- Entwicklung neuer Anwendungsmöglichkeiten von Boden- und Flächeninformationen für ein nachhaltiges Flächenmanagement für Kommunen, Kreise und Regionen, z.B. zur Erfassung, Bewertung und Mobilisierung von Baulandreserven (Projekte GEMRIK, komreg, REGENA, Regionales Portfoliomanagement, FIN.30). Dabei werden für verschiedene Anwendungsfälle Mindeststandards definiert, Anforderungen an die Qualität und Kompatibilität der Geodaten formuliert sowie die Vergleichbarkeit und Kompatibilität von Boden- und Flächeninformationen erörtert (z.B. Datenformate, Datenschnittstellen, Klassifikationsklassen, Versiegelungsgrade, siehe den Beitrag von REFINA3D in diesem Band);

<sup>18</sup> Eine beispielhafte Übersicht zu diesen Aktivitäten findet sich im Wegweiser am Ende des Bandes.

<sup>19</sup> Kunzmann, Günther, Ricarda Miller, Matthias Peter und Jürgen Schittenhelm (2009): Bodenschutz in der Umweltprüfung nach BauGB. Leitfaden für die kommunale Planungspraxis, Berlin; Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Sachstand und Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), in: Rosenkranz, Bachmann, König, Einsele (Hrsg.): Bodenschutz, Ergänzbare Handbuch (Loseblattsammlung) 9010, Berlin.

<sup>20</sup> Doetsch, Peter, Harald Burmeier und Anke Rüpke (1998): Boden-Wert-Bilanz: Bauen auf Altstandorten oder in der Natur – Ein Ansatz zur Operationalisierung der Nachhaltigkeitsdiskussion, in: Franzius, Volker, u.a. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung, Heidelberg.

- Analyse der spezifischen Kenngrößen und Dynamik/Trends der Flächeninanspruchnahme unterschiedlicher Raumnutzer (Projekte Flächenbarometer, Panta Rhei Regio);
- Entwicklung praxisgerechter Indikatoren zur Ergänzung quantitativer Kenngrößen des Flächenmonitorings (hinsichtlich administrativer Zwecke auf unterschiedlichen Raumebenen, Monitoring und Evaluierung, Kommunikation usw.);
- Entwicklung neuer Ansätze und Techniken zur Erfassung, Verarbeitung und Verwendung von Fernerkundungsdaten (Potenziale, Restriktionen, Qualität, Anwendungsbereiche). Nutzung der neuen technischen Entwicklungen auf dem Sektor der Fernerkundung und der Datenauswertung für die Gewinnung und Auswertung von Flächeninformationen sowie für die Flächenbeobachtung und das Flächenmanagement (Projekte Flächenbarometer, Automatisierte Fernerkundung, REFINA3D).

Besondere Bedeutung haben im Kontext von REFINA Bewertungen, die *umfassend* und *integrierend* sind. Das bedeutet, dass Entscheidungen über die Nutzung einer bisherigen Brachfläche oder einer Fläche „auf der grünen Wiese“ in der Regel auf einer Vielzahl von Kriterien beruhen. Ein klassisches Kriterium der Standortwahl ist der Bodenpreis. Für eine Entscheidung, die die Nachhaltigkeitsziele berücksichtigt und umsetzt, sind jedoch neben dem auf klassischem Weg ermittelten Grundstückswert ökologische, soziale, stadt- und regionalplanerische sowie andere ökonomische Kriterien heranzuziehen. Umfassend heißt somit, Kriterien unterschiedlichster Zielbereiche in die Bewertung einzubeziehen. Integrierend meint, die unterschiedlichen Aspekte in einen bewertenden Prozess so einzubeziehen, dass sie einerseits angemessen in die Entscheidung einfließen, andererseits auch Transparenz und Nachvollziehbarkeit weitestmöglich sichergestellt werden.

REFINA-Vorhaben bearbeiten mit unterschiedlichen Zugängen Fragen der Erhebung und Bewertung von Flächen- und Standortinformationen. Im Folgenden werden einige Charakteristika der gewählten thematischen Forschungsansätze dargestellt.

## Große Bandbreite von Bewertungsansätzen

Vor den methodischen Fragen nach Kriterien, Gewichtungen und Indikatoren steht zunächst die grundsätzliche Frage nach dem Kontext, in welchem Standort- und Flächenbewertung in REFINA-Projekten erfolgen. Angesprochen sind hier Fragen des Zugangs zu den spezifischen Flächentypen, den Leitfragen und Annahmen, die den einzelnen Projekten zugrunde liegen.

Bei einem Überblick über die REFINA-Projekte kristallisiert sich hier eine große Bandbreite heraus. Von der

- medienbezogenen Bodenfunktionsbewertung als fachlichem Baustein einer gesamthaften Standort-/Flächenbewertung (Funktionsbewertung urbaner Böden)

über

- ökonomisch ausgerichtete Bewertungen,
  - integrale Bewertungsansätze, die ökonomische, ökologische, soziale und planerische Aspekte integrieren (z.B. FIN.30, Regionales Portfoliomanagement)
- bis hin zu





- Ansätzen, die eher mit Klassifikationen oder Typisierungen arbeiten statt mit formalisierten Bewertungen.

Über diese methodischen Ausrichtungen hinaus ist unter dem Stichwort „Bewertung“ auch die generelle Frage aufzugreifen, welcher Wert der „Fläche“ über den materiellen Bodenwert hinaus gesellschaftlich zugemessen wird.

## Unterschiedliche Flächentypen und Bewertungszwecke

Auch die von den Projekten betrachteten Flächen sind sehr unterschiedlicher Natur, z.B.:

- Konversionsflächen, auf denen auf Teilflächen unterschiedliche Nutzungskonzepte miteinander verglichen werden (z.B. SINBRA),
- Brachflächen, für die unterschiedliche Nutzungsszenarien vergleichend bewertet werden sollen (z.B. optirisk),
- vorhandene/geplante Gewerbeflächen, deren Flächenwert (ökonomisch, ökologisch und städtebaulich) bewertet werden soll (z.B. REGENA).

Zusammenfassen lässt sich die dargestellte Bandbreite in der Frage: Welche Flächen werden zu welchem Zweck von wem mit welchen Mitteln bewertet?

## Umsetzung von Bewertungsverfahren in der Planungspraxis

Wesentliche Aspekte aller Bewertungsverfahren sind deren Anwendbarkeit und Umsetzbarkeit im planerischen Alltag. Insbesondere kleinere und mittlere Kommunen sind häufig nicht in der Lage, komplexe Bewertungsverfahren einzusetzen, weil ihnen die finanziellen und personellen Möglichkeiten fehlen, entsprechende Erhebungen vorzunehmen. Es muss somit eine Reduktion der Komplexität in der Art vorgenommen und in Kauf genommen werden, dass

- nicht alle wünschenswerten Informationen erhoben werden können,
- Bewertungen soweit zu vereinfachen sind, dass sie trotz Erfüllung fachlich-methodischer Mindeststandards für interessierte Bürgerinnen und Bürger sowie Politikerinnen und Politiker verständlich und nachvollziehbar sind.

In vielen Projekten geht es damit auch um die Frage, wie Nachhaltigkeit gemessen und bewertet werden kann.

## Flächen- und Standortbewertung im Kontext der Beteiligung von Politik und Öffentlichkeit an Entscheidungsprozessen

Vor dem Hintergrund des Dreiklangs der ökonomischen, ökologischen und sozialen Dimension von Nachhaltigkeit setzen mehrere REFINA-Projekte darauf, Verfahren zu entwickeln, die alle Dimensionen in den Bewertungsvorgang integrieren. Neben bewertungsmethodischen und -technischen Unterschieden ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Grad der Beteiligung von Bürgerschaft und Politik im Prozess der Festlegung von Bewertungsgrundlagen und der Bewertung selbst. Die Bandbreite reicht hierbei von stark expertenbezogenen sowie mit festen Indikatoren und Berechnungsvorschriften versehenen Flächenbewertungen in den Projekten Flächenkonstanz Saar und SINBRA über nutzerbezo-

gene Modifikationsmöglichkeiten von Gewichtungen z.B. im Projekt FIN.30 bis hin zur Vorgabe eines Kriterienrahmens z.B. beim Projekt REGENA, der in einem Entscheidungsgremium partizipativ konkretisiert und festgelegt wurde.

Die eingesetzten Bewertungsverfahren orientieren sich überwiegend an der Nutzwertanalyse der zweiten Generation. Dabei können als Ergebnis dimensionslose Punktwerte für unterschiedliche Flächen oder Nutzungsoptionen stehen. In einigen Projekten werden Punktwerte mit projektspezifischen Berechnungsvorschriften in Flächengrößen (Flächenkonstanz Saar) oder monetäre Werte (REGENA) umgerechnet.

## Die Beiträge dieses Bandes

Ziel von Band V der „Beiträge aus der REFINA-Forschung“ ist es, Ergebnisse aus den REFINA-Vorhaben zu präsentieren, die Antworten auf die oben aufgeworfenen Fragen geben, und ein tieferes Verständnis für die hinter der Flächeninanspruchnahme stehenden Prozesse ermöglichen. Die Beiträge geben einen vertieften Überblick über die entwickelten bzw. verwendeten Methoden und Techniken im Umgang mit Standort- und Flächeninformationen sowie deren Bewertung als Grundlage und Voraussetzung von Strategien zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und zum nachhaltigen Flächenmanagement.

Der Band bietet die Möglichkeit, gute Beispiele und Erfahrungen bei der Informationsgewinnung, der Anwendung von Bewertungsansätzen und übertragbaren Modellen zu finden. Überdies erschließen die Ergebnisse des Forschungsfeldes für Praktikerinnen und Praktiker Hinweise auf Vertiefungs- und Kontaktmöglichkeiten. Gleichzeitig informiert der Band über (neue) Methoden und Techniken zur Gewinnung und Visualisierung von Boden- und Flächeninformationen und gibt auch hier entsprechende Hinweise auf Vertiefungs- und Kontaktmöglichkeiten.

Neben Band V umfasst die Reihe „Beiträge aus der REFINA-Forschung“ den im Jahr 2006 erschienenen Band I mit dem Titel „Mehrwert für Mensch und Stadt. Flächenrecycling in Stadtumbauregionen“ (Tagungsdokumentation), den im Jahr 2007 erschienenen Band II „Towards more effective and sustainable brownfield revitalisation policies“ (Tagungsdokumentation) sowie die Bände III „Folgekosten der Siedlungsentwicklung“ und IV „Nachhaltiges Flächenmanagement – in der Praxis erfolgreich kommunizieren“ aus dem Jahr 2009. Insbesondere zwischen den Bänden III bis V bestehen zahlreiche thematische Querverbindungen in Form der Ergebnisdarstellungen aus den REFINA-Vorhaben. Bewertungstools zur Kosten-Nutzen-Betrachtung der Siedlungsentwicklung wie z.B. LEANkom gehören zum REFINA-Querschnittsthema „Ökonomische Instrumente“ und sind im Band III der Reihe dargestellt.

Der vorliegende Band umfasst Beiträge aus 15 REFINA-Projekten. Nach Vorwort und Einleitung behandeln die Autorinnen und Autoren in den Kapiteln 2 bis 5 die folgenden Themenkomplexe:

- Kapitel 2: Neue Konzepte zur Beobachtung und Prognose der Flächeninanspruchnahme,
- Kapitel 3: Neue Grundlageninformationen für die Standortbewertung,
- Kapitel 4: Integrierende, ganzheitliche Bewertungsmethoden sowie
- Kapitel 5: Monitoring und Prognose von Flächennutzungen.



Insbesondere die Beiträge der Kapitel 3 bis 5 widmen sich den für die kommunale und regionale Planungs- und Entscheidungsebene relevanten thematischen Schwerpunkten. Der Band schließt mit einer Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse aus Sicht der Herausgeber (Kapitel 6).

## Neue Konzepte zur Beobachtung und Prognose der Flächeninanspruchnahme

Mit Aufbau und Einsatz eines Indikatorensystems zur Erfassung nachhaltiger Flächennutzung, der Darstellung der aktuellen Situation der Flächeninanspruchnahme und der tatsächlichen Flächenversiegelung in Deutschland befasst sich der Beitrag des Projekts „Flächenbarometer“. Neben der Herleitung eines geeigneten Indikatorensatzes erläutern Ralf Klein, Julia Wettemann, Thomas Esch, Vitus Himmler und Martin Schmidt in ihrem Beitrag auch das entwickelte Software-Tool „Flächenbarometer“, mit dem die Entwicklung der Flächeninanspruchnahme auf Kreis- und Gemeindeebene bundesweit dargestellt und ausgewertet werden kann. Schwerpunkt des Projekts ist der Status der Flächeninanspruchnahme und deren Entwicklung in der Vergangenheit; das Instrumentarium dient damit dem Monitoring nachhaltigen Flächenmanagements. Basierend auf den Indikatoren zu Stand und Entwicklung werden regional differenzierte Erklärungsmuster für den Prozess der Flächeninanspruchnahme hergeleitet.

Der Fokus des Beitrags von Martin Distelkamp, Frank Hohmann, Christian Lutz, Philip Ulrich und Marc Ingo Wolter aus dem Projekt „Panta Rhei Regio“ liegt auf der ökonomischen bzw. volkswirtschaftlichen Analyse des Prozesses der Flächeninanspruchnahme. In dem Projekt wird das vorhandene umweltökonomische Modell „Panta Rhei“ weiterentwickelt. Ermöglicht werden so auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte eine räumlich differenzierte Analyse und Prognose der zukünftigen Flächeninanspruchnahme unter unterschiedlichen Annahmen sowie die Analyse der wesentlichen ökonomischen Rahmenbedingungen für den Prozess der Flächeninanspruchnahme.

## Neue Grundlageninformationen für die Standortbewertung

In Kapitel 3 werden zwei Projekte vorgestellt, die neue bzw. zusätzliche Informationen über Flächen- und Standorteigenschaften für flächenbezogene Entscheidungs- und Abwägungsprozesse zur Verfügung stellen.

Im Beitrag von Friedrich Rück, Hubertus von Dressler, Silke Höke, Markus Rolf, Klaus Thierer, Jürgen Schneider und Susanne David wird die am Beispiel der Stadt Osnabrück entwickelte Funktionsbewertung urbaner Böden erläutert. Ziel des Projekts ist es, für die bislang „weißen“ Flächen der Stadtböden eine an der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) orientierte Bodenbewertung für die Abwägungsprozesse in der Bauleitplanung zur Verfügung zu stellen. An Praxisbeispielen erläutert das Autorenteam, welche Bodeninformationen vorliegen müssen bzw. zu erheben sind und wie diese in den Planungsprozess, z.B. bei der Optimierung von Planungsvarianten, integriert werden können.

Konstantin Terytze, Robert Wagner, Kerstin Hund-Rinke, Kerstin Derz, Wolfgang Rotard, Ines Vogel, René Schatten und Rainer Macholz haben es sich in ihrem Pro-

jekt „BioRefine“ zum Ziel gesetzt, die analytischen Methoden zur pfadbezogenen Beurteilung der Bioverfügbarkeit/Verfügbarkeit von Schadstoffen weiterzuentwickeln. An Praxisbeispielen wird gezeigt, welchen Effekt die an der Schadstoffverfügbarkeit orientierte Bewertung kontamierter Flächen auf den Sanierungsumfang und damit auf die Aufbereitungskosten besitzt. Schwerpunkt des Beitrages ist die Weiterentwicklung spezifischer analytischer Methoden.

## Integrierende, ganzheitliche Bewertungsmethoden

Die Beiträge in Kapitel 4 zum Themenbereich „Integrierende, ganzheitliche Bewertungsmethoden“ gliedern sich in 1.) Bewertung von Nutzungsoptionen auf Einzelflächen, 2.) Vergleichende Bewertung von Bauflächenpotenzialen sowie 3.) Bewertung von Flächen in Gewerbeflächenpools.

### 1.) Bewertung von Nutzungsoptionen auf Einzelflächen

Ein methodisches Konzept zur frühzeitigen integrierten Betrachtung von Bodenbelastung und städtebaulichen Nutzungskonzepten stellen Ingo Quaas, Kersten Roselt und Thomas Zill für das Projekt „optirisk“ vor. Auf Basis vorliegender Informationen über Art und räumliche Verteilung von Bodenbelastungen werden für einzelne Standorte unterschiedliche Nutzungskonzepte und räumliche Anordnungen von Baukörpern entwickelt sowie mit Hilfe eines einfachen Bewertungssystems verglichen und bewertet. Das Bewertungssystem richtet sich in erster Linie an Stadtplaner, die die Bewertungen gemeinsam mit anderen Experten vornehmen. Michael Finkel, Stephan Bartke, Ruth Rohr-Zänker, Maximilian Morio, Sebastian Schädler und Reimund Schwarze haben für die große Konversionsfläche Potsdam-Krampnitz im Projekt „SINBRA“ einen umfangreichen Methodenkatalog zur Untersuchung und Sanierung von belasteten Flächen und zur Planung von Nachfolgenutzungen entwickelt. Schwerpunkte des Beitrages sind der Einsatz des in SINBRA entwickelten, softwaregestützten Standortbewertungstools „EUGEN“ sowie der sogenannte Marktorientierte Risikoabschlag bei der Wertermittlung belasteter Flächen.

Einen umfassenden Ansatz zur Mobilisierung von Brachflächen stellen Dieter Behrendt, Silke Kleinhüchelkotten, Marlies Kloten und H.-Peter Neitzke vor. Ziel des Projektes „Nachhaltiges Flächenmanagement Hannover (NFM-H)“ ist der Aufbau eines privatwirtschaftlichen Grundstücksfonds, mit dessen Hilfe altlastenbehaftete Grundstücke saniert und wieder dem Grundstücksmarkt zugeführt werden sollen. Im Kontext des vorliegenden Bandes ist die entwickelte Methodik der Flächenbewertung anhand der Nachhaltigkeitsdimensionen von besonderem Interesse.

### 2.) Vergleichende Bewertung von Bauflächenpotenzialen

Für das Projekt „Flächen intelligent nutzen – FIN.30“ stellen Theo Kötter, Sophie Schetke, Benedikt Frielinghaus und Dietmar Weigt einen an den drei Nachhaltigkeitsdimensionen orientierten Ansatz der Bewertung von Wohnbauflächen auf der Ebene des Flächennutzungsplans vor. Mit der Bewertung sollen Entscheidungen über die Umsetzung von Wohnbauflächen verbessert werden. Dadurch soll die Flächenentwicklung auf die unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten geeignetsten Flä-



chen ausgerichtet werden. Bewertet wird mit Hilfe eines Softwaretools, das dem Anwender individuelle Möglichkeiten der Zuordnung von Gewichtungen erlaubt. In ihrem Beitrag „Regionales Portfoliomanagement: Wohlfahrtsökonomische Flächen- und Standortbewertung für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung“ zeigen Gottfried Lennartz, Anke Ruckes, Timo Heyn, Philipp Schwede, Sebastian Hein, Andreas Vater und Andreas Toschki auf, wie für eine große Anzahl von Wohnbauflächen in einer Region (Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler) eine an den Nachhaltigkeitsdimensionen orientierte vergleichende Bewertung mit monetarisierten Indikatoren vorgenommen werden kann. Auch hierfür wird ein Softwaretool angeboten, das Berechnungen mit unterschiedlichen Kostenannahmen zulässt.

Eine ganz andere Ausrichtung innerhalb dieses Themenbereichs verfolgt das Projekt „komreg – Kommunales Flächenmanagement in der Region“. Sabine Müller-Herbers und Christine Kauertz stellen am Beispiel der Region Freiburg eine Methodik vor, mit der das kleinteilige Flächenpotenzial für Innenentwicklungsmaßnahmen erfasst und kategorisiert werden kann. Das Projekt zeigt, dass gerade in kleineren Kommunen oftmals eine große Anzahl von Flächen für eine bauliche Entwicklung vorhanden ist oder durch die demografische Entwicklung in absehbarer Zukunft vorhanden sein wird, die für ein Flächenmanagement lohnend sind. Gleichzeitig wird untersucht, welcher Anteil dieses Flächenpotenzials überhaupt aktivierbar ist.

Der Themenbereich schließt mit dem Beitrag von Peter Doetsch über die Bewertungsmethodik im Projekt „Flächenkonstanz Saar“. Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Konzepts zur Neuflächeninanspruchnahme von „null“ für das Saarland bis zum Jahr 2020. Hierzu wird ein Konzept entwickelt, das fondsgestützt städtebauliche Innenentwicklungsmaßnahmen sowie Renaturierungen im erweiterten Siedlungsbereich durch Vorfinanzierung der kommunalen Eigenanteile unterstützt, wenn die Kommunen im Gegenzug Flächen aus der Bebaubarkeit und/oder Beplanbarkeit zurückgeben.

### 3.) Bewertung von Flächen in Gewerbeflächenpools

Hier stehen Fragen nach der fairen Bewertung der von verschiedenen Kommunen in einen Flächenpool eingebrachten Flächen sowie nach der Verteilung von Erlösen des Pools im Vordergrund.

Im Projekt „GEMRIK“ wird ein nutzwertanalytisches Bewertungssystem zur Beurteilung eines interkommunalen Gewerbeflächenpools entwickelt, wie Stefan Greiving in seinem Beitrag ausführt. Grundlage ist ein Kataster aller gewerblich genutzten Flächen in den beteiligten Kommunen. Das Bewertungsmodell umfasst wirtschaftliche und entwicklungspolitische, baurechtliche sowie Umweltkriterien und wurde diskursiv unter Beteiligung aller maßgeblichen Akteure im Raum des Städtenetzes Iserlohn/Menden/Hemer/Balve erarbeitet. Im Ergebnis steht die wesentliche Voraussetzung für die Bewertung der Poolflächen zur Verfügung.

Das Projekt „REGENA“ verfolgt ähnliche Ziele. Auch hier steht die vergleichende Bewertung der von den teilnehmenden Gemeinden eingebrachten Poolflächen im Mittelpunkt der Forschungstätigkeit, wie Bernd Murschel, Alfred Ruther-Mehlis, Jörg Schneider und Michael Weber darstellen. Mit Hilfe des Bewertungskonzepts erfolgt die monetäre Bewertung der Poolflächen unter Berücksichtigung städtebaulicher, wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien. Auf dieser Basis werden die Kosten der Poolbewirtschaftung und die entstehenden Erlöse auf die beteiligten Gemeinden verteilt.

## Monitoring und Prognose von Flächennutzungen

Die abschließenden drei Fachbeiträge befassen sich mit weiterentwickelten Methoden des Monitorings der Entwicklung der Flächennutzungen sowie deren Prognose (Kapitel 5).

Als Erweiterung des Beitrages zum Flächenbarometer in Kapitel 2 stellen Doris Klein, Wieke Heldens, Klaus Einig, Brigitte Zaspel und Bertram Wegner neue Möglichkeiten zur Beobachtung der Flächennutzung mit Hilfe der automatisierten Auswertung von Landsat-Fernerkundungsdaten sowie ergänzend ATKIS-Daten vor. Diese Daten liegen flächendeckend für ganz Deutschland vor und erlauben insbesondere auch die Bestimmung der tatsächlichen Grünflächenanteile sowie der Flächenversiegelung. Die multitemporale Auswertung von Luftbildern kann demgegenüber auch für die kleinräumige Beobachtung der Flächennutzungsentwicklung auf kommunaler und Stadtteilebene genutzt werden. Experimentell ist heute noch die Nutzung von Hyperspektraldaten, die eine ausgesprochen detaillierte Analyse des Zustandes und der Entwicklung der Erdoberfläche erlauben. Verschiedene Anwendungsbeispiele im Bereich der Stadt- und Regionalplanung runden den Beitrag ab.

Einen vergleichbaren Ansatz verfolgt das Projekt „Automatisierte Fernerkundung“, das hier von Claudia Hagedorn, Adrian Klink, Andreas Völker und Andreas Müterthies vorgestellt wird. Der erreichte technische Stand der multitemporalen Auswertung von Fernerkundungsdaten zur Gewinnung von Flächeninformationen bietet mittlerweile die Möglichkeit, Luftbilder und andere hochauflösende Fernerkundungsprodukte weitgehend automatisiert und – im Vergleich mit einer rein händischen Auswertung – kostengünstig auszuwerten. Dabei lassen sich unterschiedliche Objekte wie Gebäude, Vegetation, Straßen, unbefestigte Flächen etc. sehr sicher erkennen.

Im letzten Beitrag dieses Kapitels stellen Lutz Ross, Jürgen Döllner und Birgit Kleinschmit das Vorhaben „REFINA3D“ vor. 3D-Stadtmodelle lassen sich heute gut dafür nutzen, den derzeitigen Stand der Flächennutzung wie auch beabsichtigte Entwicklungen dreidimensional zu veranschaulichen und so auf einer sehr sinnfälligen Ebene vergleichbar zu machen. Im Vorhaben wird gezeigt, wie sich Flächen- und Standortinformationen unterschiedlichster Herkunft in einem einheitlichen Modell integrieren lassen. 3D-Stadtmodelle bieten überdies die Möglichkeit zu weitgehenden Analysen räumlicher Strukturen wie Lärmausbreitungsberechnungen, Sichtbarkeitsanalysen, Hochwassergefahrenkarten und anderen, wie hier gezeigt wird.

## Literatur

*Arbeitsgruppe Nachhaltigkeit* (2009): Perspektiven für eine weitere Zusammenarbeit von Bund und Ländern zur nachhaltigen Entwicklung. Bericht des Bundes und der Länder Baden-Württemberg, Bremen, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Thüringen.

*Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)* (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Sachstand und Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), in: Rosenkranz, Bachmann, König, Einsele (Hrsg.): Bodenschutz, Ergänzbare Handbuch (Loseblattsammlung) 9010, Berlin.



- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2007a):* Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Was leisten bestehende Instrumente? Band 2 der Sonderveröffentlichungsreihe zum ExWoSt-Forschungsfeld „Fläche im Kreis“, Bearb.: Deutsches Institut für Urbanistik u.a., Preuß, Thomas, u.a.; BBR, Dosch, Fabian, u.a., Bonn.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2007b):* Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Neue Instrumente für neue Ziele. Band 3 der Sonderveröffentlichungsreihe zum ExWoSt-Forschungsfeld „Fläche im Kreis“, Bearb.: Deutsches Institut für Urbanistik u.a., Preuß, Thomas, u.a.; BBR, Dosch, Fabian, u.a., Bonn.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn (Hrsg.);* Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR), Dresden (Bearb.); Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin (Auftr., Förd.); Siedentop, Stefan (Projlt.) (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche – Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele, Bonn.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF):* Förderrichtlinien zum Schwerpunkt „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)“, Bonn, 11.10.2004.
- Bundesregierung (2002):* Perspektive für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Berlin.
- Bundesregierung (2008a):* Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Für ein nachhaltiges Deutschland, Berlin.
- Bundesregierung (2008b):* Fortschrittsbericht zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Teil H: Nachhaltigkeit auf kommunaler Ebene – Beitrag der kommunalen Spitzenverbände, Berlin.
- Deutscher Städtetag (2002):* Strategisches Flächenmanagement und Bodenwirtschaft. Aktuelle Herausforderungen und Handlungsempfehlungen, Positionspapier, Köln/Berlin.
- Doetsch, Peter, Harald Burmeier und Anke Rüpke (1998):* Boden-Wert-Bilanz: Bauen auf Altstandorten oder in der Natur – Ein Ansatz zur Operationalisierung der Nachhaltigkeitsdiskussion, in: Franzius, Volker, u.a. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung, Heidelberg.
- Düsterdiek, Bernd (2009):* Geodaten werden immer wichtiger. Kommunales Geodatenmanagement, in: Stadt und Gemeinde 63 (2008) 12.
- Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und FDP, 17. Legislaturperiode, 26.10.2009.*
- Kunzmann, Günther, Ricarda Miller, Matthias Peter und Jürgen Schittenhelm (2009):* Bodenschutz in der Umweltprüfung nach BauGB. Leitfaden für die kommunale Planungspraxis, Berlin.
- Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) (2009):* Flächensparen als Aufgabe der Raumordnung. Bericht des Hauptausschusses an die 36. Ministerkonferenz für Raumordnung am 10. Juni 2009, Berlin.
- Portz, Norbert (2009):* Potenziale nutzen und mobilisieren. Baulandnutzung im Innenbereich der Städte und Gemeinden, in: Stadt und Gemeinde 64 (2009) 6, S. 231–235.
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städte- und Gemeindebund (2009):* Bundesregierung und kommunale Spitzenverbände wollen Flächeninanspruchnahme reduzieren. Pressemitteilung vom 10.2.2009.



- Preuß, Thomas, und Holger Floeting (Hrsg.) (2009): Folgekosten der Siedlungsentwicklung. Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung, Berlin (Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band III).
- Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004): Mehr Wert für die Fläche: Das „Ziel-30-ha“ für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land. Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung an die Bundesregierung, Berlin.
- Statistisches Bundesamt (2009a): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatoren der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zu Umwelt und Ökonomie, Wiesbaden, <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UmweltökonomischeGesamtrechnungen/UmweltIndikatoren,property=file.pdf>
- Statistisches Bundesamt (2009b): Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche: 104 Hektar pro Tag, Pressemitteilung Nr. 426 vom 11.11.2009, Wiesbaden.
- Zangemeister, Christof (1976): Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen (Diss. Techn. Univ. Berlin 1970), 4. Aufl., München.

## Autoren



*Stefan Frerichs*, Dipl.-Ing., Stadtplaner AK NRW, Studium der Stadt- und Stadtentwicklungsplanung an der GH Kassel; seit 1993 Mitarbeiter bei AHU AG Aachen, seit 1996 bei BKR Aachen, Stadt- und Umweltplanung, Arbeitsschwerpunkte: Stadtentwicklungsplanung, Regionalplanung, Umweltvorsorge; Mitarbeit an verschiedenen Forschungsvorhaben im Bereich Altlasten- und Konversionsmanagement, Berücksichtigung von Umweltbelangen in Planung, nachhaltiger (Stadt- und Regional-)Entwicklung, Hochwasservorsorge, Klimaschutz und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in der Planung;  
E-Mail: [frerichs@bkr-ac.de](mailto:frerichs@bkr-ac.de)



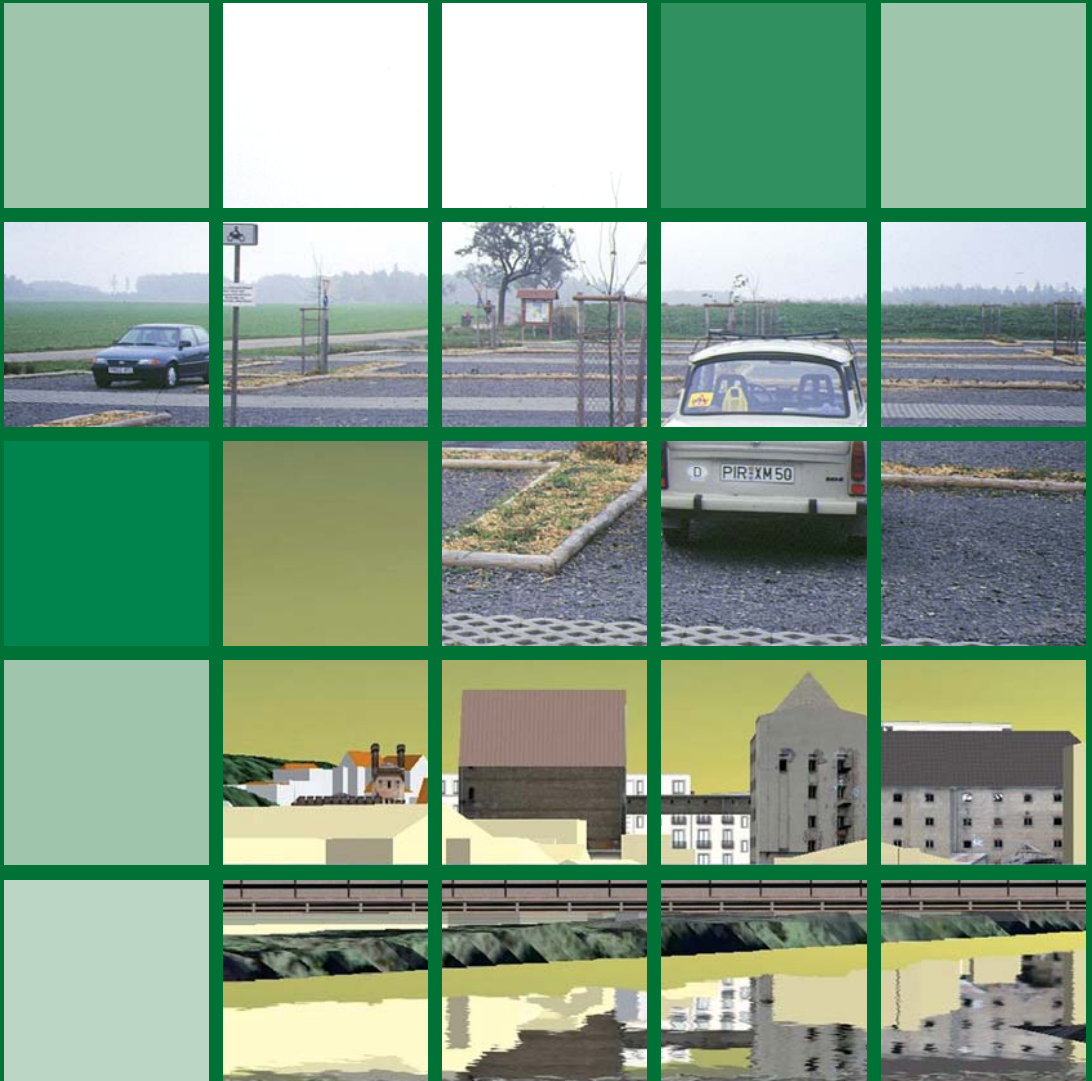
*Manfred Lieber*, Dipl.-Ing., Studium der Raumplanung an der Technischen Universität Dortmund; seit 1997 Zusammenarbeit mit dem BKR Aachen bei Umweltverträglichkeitsuntersuchungen sowie bei projektübergreifenden Tätigkeiten der Planung, Steuerung und Auswertung im Rahmen der Euregionale 2008 und bei REFINA; Beratung, Projektservice und Mitwirkung bei der zusammenfassenden Präsentation von Forschungsvorhaben zur Altlastensanierung (MOSAL) und zur Klimawandel-Anpassung (KlimZug/DynAKlim);  
E-Mail: [lieber@bkr-ac.de](mailto:lieber@bkr-ac.de)



*Thomas Preuß*, Dipl.-Agraringenieur, Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Halle-Wittenberg, seit 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Deutschen Institut für Urbanistik GmbH (Difu), Berlin, Arbeitsschwerpunkte: Flächenkreislaufwirtschaft, Flächenmanagement und Flächenrecycling, Bodenschutz und kommunaler Umweltschutz;  
E-Mail: [preuss@difu.de](mailto:preuss@difu.de)

# 2

## Neue Konzepte zur Beobachtung und Prognose der Flächen- inanspruchnahme



# Das Indikatorenset „Flächenbarometer“

## Neue Methoden zur Beobachtung der Flächeninanspruchnahme in Deutschland

Ralf Klein, Julia Wettemann, Thomas Esch, Vitus Himmler und Martin Schmidt

### REFINA-Forschungsvorhaben: Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungsbasierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Projektleitung:</b>      | Universität Würzburg, Geographisches Institut   |
| <b>Verbundpartner:</b>      | Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR);<br>Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München (PV)   |
| <b>Kooperationspartner:</b> | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR);<br>Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ); Wegner<br>Stadtplanung; Umweltbundesamt (UBA)  |
| <b>Modellräume:</b>         | Region München, Stadtgebiete Leipzig und Dresden,<br>Region Rhein-Neckar  |
| <b>Projektlaufzeit:</b>     | 01.06.2006 bis 30.09.2009   |
| <b>Projektwebsite:</b>      | <a href="http://www.geographie.uni-wuerzburg.de/arbeitsbereiche/fernerkundung/forschungsprojekte/refina/">www.geographie.uni-wuerzburg.de/arbeitsbereiche/<br/>fernerkundung/forschungsprojekte/refina/</a> |

## 1. Einleitung

In Deutschland existieren neben der laufenden Stadt- und Raumb Beobachtung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und dem Atlas zur Regionalstatistik der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder auf Bundesebene weitere indikatorenbasierte Raumb Beobachtungssysteme auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen, wie zum Beispiel der Indikatorenkatalog der Landes- und Regionalplanung in Bayern (INKA). Zu nennen ist hier auch die Studie „Indikatoren zur Siedlungsentwicklung“ (LUBW 2007). Sie stellen allgemeine, mehrere thematische Bereiche umfassende Informationssysteme auf Grundlage der amtlichen Statistik dar. Ein Indikatorenkatalog unter Gesichtspunkten einer nachhaltigen Raumentwicklung wurde 2002 in der BBR-Veröffentlichung „Nachhaltige Raumentwicklung im Spiegel von Indikatoren“ (BBR 2002) veröffentlicht. Explizit mit der Messung von quantitativer und qualitativer Flächeninanspruchnahme beschäftigte sich die Studie „Nachhaltigkeitsbarometer Fläche“ (BMBVS/BBR 2007). An diese vorhandenen Indikatoren und Indikatorensysteme knüpft das Verbundprojekt „Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungsbasierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement“ innerhalb des REFINA-Forschungsschwerpunktes an. Im Rahmen des Projektes wurden für ein nachhaltiges Flächenmanagement geeignete Indikatoren zusammengestellt sowie hinsichtlich verschiedener Kriterien evaluiert, selektiert, visualisiert und präzisiert. Die statistikbasierten Indikatoren beziehen sich vor allem auf die Zieltypen Reduktions- und Nutzungseffizienzziele und treffen inhaltlich vornehmlich Aussagen zur Nutzungsintensität von Flächen.

Außerdem ist ein Softwaretool „Flächenbarometer“ konzipiert worden, mit dem die Indikatoren zur Flächennutzung deutschlandweit sowohl auf kommunaler als auch auf regionaler Ebene berechnet und visualisiert werden können. Die Funktionalität umfasst die Auswertung von Geodaten, d.h. fernerkundlichen Aufnahmen (Hyper- und Multispektraldaten, Luftbilder) zur Ableitung von Versiegelungsinformationen und des Grünanteils, von Daten der amtlichen Vermessung zur Berechnung der Indikatoren Zerklüftungsgrad, Freiflächenanteil und Landschaftszerschneidung sowie von Daten der amtlichen Regionalstatistik. Die Ergebnisse können graphisch und tabellarisch visualisiert und ausgedruckt werden. Eine Erweiterung oder Anpassung des Programms ist möglich, da das Softwaretool in der frei zugänglichen und vom Betriebssystem unabhängigen Programmiersprache Java™ entwickelt wurde. Die Ergebnisse werden als Vektordateien ausgegeben, die in Geographischen Informationssystemen (GIS) oder mit Kartographie-Software weiterverarbeitet werden können. Im Folgenden werden das Indikatorensystem vorgestellt und seine Evaluierung sowie der innovative Versiegelungsindikator näher erläutert; Letzterer wird aus Fernerkundungsdaten abgeleitet. Außerdem wird vorgestellt, wie mit Hilfe dieser Indikatoren sowie weiterer Informationen auf die Determinanten der Flächeninanspruchnahme geschlossen werden kann.

## 2. Das Indikatorensystem des Flächenbarometers

Bei der Indikatorenbildung wurde das Prinzip verfolgt, sowohl die strukturellen als auch die prozessualen Dimensionen zu berücksichtigen, d.h., es wurden jeweils eine statische und auch eine dynamische Größe des Indikators in das System integriert. Die Analysen erfolgten bundesweit auf regionaler Ebene sowie in ausgewählten Bundesländern auf kommunaler Ebene. Grundlage hierfür bildeten eine umfassende Datenaufbereitung und -berechnung flächenstatistischer Daten, deren Ergebnisse in einen Datenpool flossen. Die statische Perspektive der regionalen Daten bezog sich dabei auf die Jahre 1996, 2000, 2004 (2000, 2004 auf kommunaler Ebene) sowie in dynamischer Hinsicht auf die Zeitschnitte 1996–2000, 2000–2004 (2000–2004 auf kommunaler Ebene).

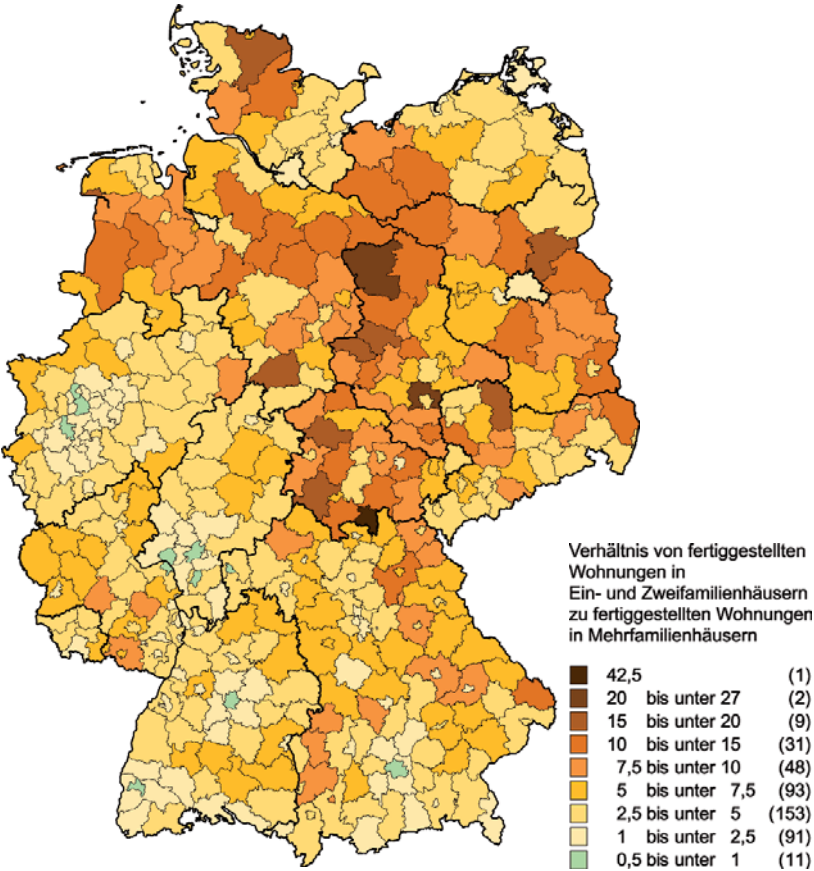
Im Gegensatz zu gängigen Raumbeobachtungssystemen wurden die Indikatoren für alle genannten Zeitschnitte räumlich hoch auflösend visualisiert. Deutschlandweit fand eine Darstellung auf Kreisebene statt (vgl. Abbildung 1). Auf Ebene der Bundesländer erfolgte eine Darstellung auf Gemeindeebene (vgl. Abbildung 2). Durch die Visualisierung wurden Raumstrukturen der Flächeninanspruchnahme erkennbar. So weisen insbesondere Kernstädte eine höhere Flächeninanspruchnahme als ländliche Räume auf (vgl. Abbildung 2). Daneben können auch flächennutzungsspezifische Raumstrukturen identifiziert werden: Vor allem in nord- und ostdeutschen Kreisen sowie generell in suburbanen und ländlichen Räumen dominiert der Bau flächenintensiver Wohnformen (vgl. Abbildung 1).

## 3. Evaluierung des Indikatorensystems

Generell wurde nicht der gesamte Indikatorenkatalog der oben angeführten Quellen übernommen. Zunächst wurden Indikatoren aufgrund von Datenproblemen und fehlender Aussagekraft verworfen. In einem zweiten Schritt wurden mit

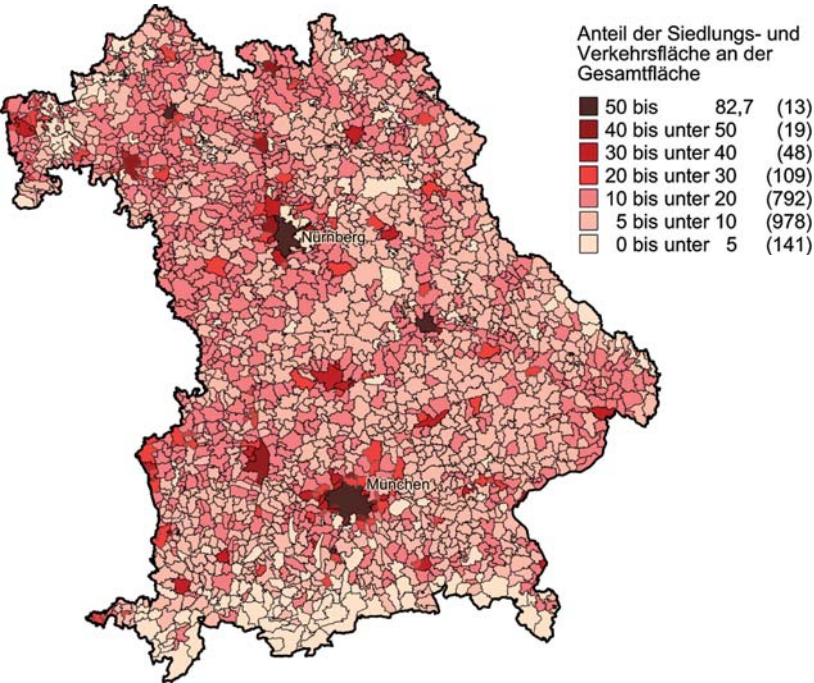


**Abbildung 1:**  
Indikator „Entdichtung im  
Wohnungsbau“ von 2001 –  
2004 (Indexwert = 1)



Quellen:  
Daten: Statistik regional;  
Berechnungen und  
Darstellung:  
J. Wettemann, Univer-  
sität Würzburg.

**Abbildung 2:**  
Prozentuale Flächenin-  
anspruchnahme 2004 in  
Bayern



Quellen:  
Daten: Statistik lokal; Berechnungen und Darstellung:  
J. Wettemann, Universität Würzburg.



Hilfe qualitativer Methoden mehrmalige Evaluationsrunden mit Vertretern der räumlichen Planung in den Modellräumen Region Rhein-Neckar, Region München, Stadt Dresden und Stadt Leipzig durchgeführt und durch schrittweise Eliminierung irrelevanter Messgrößen eine Reduktion der Indikatorenzahl erreicht. Grundlage der Bewertungen waren jeweils auf den Modellraum bezogene Datensätze und Karten. Kriterien der Selektion waren zum einen die Erfüllung wissenschaftlicher Anforderungen an Indikatoren wie z.B. Messbarkeit, Datenverfügbarkeit, räumliche Vergleichbarkeit und Exklusivität, aber auch planerische und politische Handlungsrelevanz<sup>1</sup>. Zum anderen flossen die während des Projektes diskutierten Anforderungen der Akteure aus der Planungspraxis an die Indikatoren in die Selektion mit ein und resultierten schließlich in einem Set von Basisindikatoren sowie einzelnen Indikatoren zu den vier flächenpolitischen Zielen (vgl. Tabelle 1). Basisindikatoren sind Messgrößen, welche Grundlageninformationen zur Thematik darstellen, wie z.B. die Indikatoren Flächeninanspruchnahme<sup>2</sup> oder Siedlungsdichte. Aufgrund der Anregungen aus der Evaluierung und aus den durchgeführten Workshops konnten nachträglich weitere Indikatoren aus der Bodenversiegelung abgeleitet und berechnet werden (vgl. Abbildungen 3a–d).

Die Erfüllung der unterschiedlichen Ansprüche an die Indikatoren ist wichtig, damit diese den Ausgangspunkt für eine Bewertung von Flächen bilden können. Diese Bewertungen sind wiederum Grundlagen für planerische und politische Entscheidungen. Folglich stellen Indikatoren Informationsträger und somit Entscheidungsgrundlagen dar. Von Bedeutung bezüglich der Praktikabilität der Indikatoren ist zudem die Kenntnis über die Struktur von planerischen und politischen Entscheidungsprozessen, um die Wirksamkeit von Indikatoren als entscheidungsunterstützenden Instrumenten zu gewährleisten. Beides im Zusammenhang stellt notwendige Grundlagen eines nachhaltigen Flächenmanagements dar.

#### 4. Fernerkundliche Erfassung der Versiegelung

Im Allgemeinen wird die Flächeninanspruchnahme anhand der amtlichen Statistik zu den neu ausgewiesenen Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV) quantifiziert. Die SuV umfassen neben den versiegelten Flächen der Gebäude und Verkehrswege auch Freiflächen, Sportanlagen, Parks und Friedhöfe. Folglich geht die Ausweisung neuer SuV nicht zwangsläufig mit einer vollständigen Überbauung oder strukturellen Umprägung dieser Areale einher. Zudem kann es sich beispielsweise um Gewerbegebiete handeln, die über Jahre hinweg noch unerschlossen bleiben. Auch sind bereits erschlossene Flächen in bebaubarem Zustand zumeist nur zum Teil versiegelt, während ein anderer Teil weiterhin als Grünfläche – beispielsweise in Form eines Gartens oder Grünstreifens – unversiegelt bleibt. Mit Hilfe von Fernerkundungsdaten bzw. daraus abgeleiteten Informationsprodukten können der Status quo, aber auch die zeitliche Entwicklung wichtiger Kenngrößen wie Bodenbedeckung, Landnutzung oder Siedlungsstruktur flächendeckend, räumlich differenziert und zeitlich flexibel erfasst werden – klare Vorteile gegenüber etablierten Daten der amtlichen Statistik und Vermessung.

<sup>1</sup> Vgl. BMBVS/BBR (2007, S. 48 f.); BBR (2002, S. 4); Kreibich (1999); Meyer (2004).

<sup>2</sup> Anteil der SuV-Fläche an der Gesamtfläche in Prozent.





| Indikatoren zu Reduktionszielen             |   | Einheit        | Berechnung  | Quelle                                   |
|---|---|----------------|---|--|
| 1   | Flächeninanspruchnahme 2 (R1_2)         | %              | $\frac{\sum \text{GuF-Fläche}_t}{\sum \text{Gesamtfläche}_t} \times 100$  | Statistik regional, lokal                |
|   | Dynamik Flächeninanspruchnahme 2 (R2_2) | %              | $\frac{\sum \text{GuF-Fläche}_t - \sum \text{GuF-Fläche}_{(t-1)}}{\sum \text{GuF-Fläche}_{(t-1)}} \times 100$   | Statistik regional, lokal                |
| 2   | Bodenversiegelung (R4)                  | %              | $\frac{\sum \text{versiegelte Fläche}_t}{\sum \text{Gesamtfläche}_t} \times 100$  | Landsat-Daten                            |
| 3   | Flächenbedarf (Z1)                      | EW/ha          | $\frac{\sum \text{Einwohner}_t}{\sum \text{SuV-Fläche}_{2004}} \times 100$  | Statistik regional, Bevölkerungsprognose |
|   | Dynamik Flächenbedarf (Z2)              | %              | $\frac{\sum \text{Flächenbedarf}_t - \sum \text{Flächenbedarf}_{(t-1)}}{\sum \text{Flächenbedarf}_{(t-1)}} \times 100$  | Statistik regional, Bevölkerungsprognose |
| Indikatoren zu Erhaltungs- und Schutzzielen |   |                |   |  |
| 1   | Durchgrünung des Siedlungsraumes (E3)   | %              | $\frac{\sum \text{Grünflächen des Siedlungsraumes}_t}{\sum \text{Gesamtfläche}_t} \times 100$   | Landsat-Daten                            |
| Indikatoren zu nutzungsstrukturellen Zielen |   |                |   |  |
| 1   | Zerküfungsgrad (S4)                     | -              | $\frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{p_{ij}}{2 \sqrt{a_{ij}}} \right)}{n_i}$<br>$p_{ij}$ = Umfang des Polygons ij<br>$a_{ij}$ = Fläche des Polygons ij<br>$n_i$ = Gesamtanzahl der Polygone   | ATKIS                                    |
| 2   | Landschaftszerschneidung (S10)          | ha             | $\frac{1}{F_{g-1}} \sum_{i=1}^n F_i^2$<br>$n$ = Anzahl der verbleibenden Flächen<br>$F_i$ = Flächeninhalt der Fläche i<br>$F_g$ = Gesamtfläche, in n Flächen zerteilt   | ATKIS                                    |
| 3   | Effektiver Freiflächenanteil (S12)      | -              | $\frac{\sum_{j=1}^n l(d_i)}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m d_{i,j}}$<br>$i$ = Anzahl der durch den Freiraum verlaufenden Linien<br>$j$ = Anzahl der durch die Siedlungsfläche verlaufenden Linien<br>$d_i$ = Länge der Linie i (innerhalb des Freiraumes)<br>$d_j$ = Länge der Linie j (innerhalb der Siedlungsfläche) | ATKIS                                    |
| Indikatoren zu Nutzungseffizienzzielen      |   |                |   |  |
| 1   | Entdichtung im Wohnungsbau (N6)         | Indexwert (=1) | $\frac{\sum \text{fertiggestellte EFH} / \text{DH}_t + \sum \text{fertiggestellte EFH} / \text{DH}_{(t-1)}}{\sum \text{fertiggestellte MFH}_t + \sum \text{fertiggestellte MFH}_{(t-1)}}$   | Statistik regional, lokal                |
| 2   | Flächenproduktivität 1 (N9_1)           | Tsd. €/ha      | $\frac{\sum \text{Bruttowertschöpfung}_t}{\sum \text{SuV-Fläche}_t}$  | Statistik regional                       |
| 3   | Flächenproduktivität 2 (N9_2)           | Tsd. €/ha      | $\frac{\sum \text{Bruttowertschöpfung}_t}{\sum \text{Einwohner}_t} : \sum \text{SuV-Fläche}_t$  | Statistik regional                       |
| 5   | Dynamik Flächenproduktivität (N10_2)    | %              | $\frac{\sum \text{Flächenproduktivität}_t}{\sum \text{Flächenproduktivität}_{(t-1)}}$   | Statistik regional                       |
| 6   | Nutzungsichte (N11)                     | Personen /ha   | $\frac{\sum \text{Einwohner}_t + \sum \text{sozVers}_{\text{AO}_t}}{\sum \text{GuF-Fläche}_t}$  | Statistik regional, lokal                |

Mit Hilfe von 32 Datensätzen des Landsat-Satelliten wurde die Bodenversiegelung mit einer Auflösung von 25 m<sup>2</sup> berechnet (siehe Beitrag Klein, Doris, und andere in diesem Band sowie Esch und andere 2009). Der erstellte Versiegelungsdatensatz kann letztlich auf beliebige Raumeinheiten, etwa administrative Ebenen (Gemeinde, Kreis, Land), aggregiert werden. Neben der Bodenversiegelung innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche (laut ATKIS<sup>3</sup>) wurden ferner die neuen Indikatoren Bodenversiegelung der Kreisfläche, Versiegelung je Einwohner oder das Verhältnis zwischen Bodenversiegelung der Siedlungs- und Verkehrsfläche und Bodenversiegelung der Siedlungsfläche berechnet (vgl. Abbildungen 3a-d).

**Tabelle 1:**  
Indikatorenübersicht

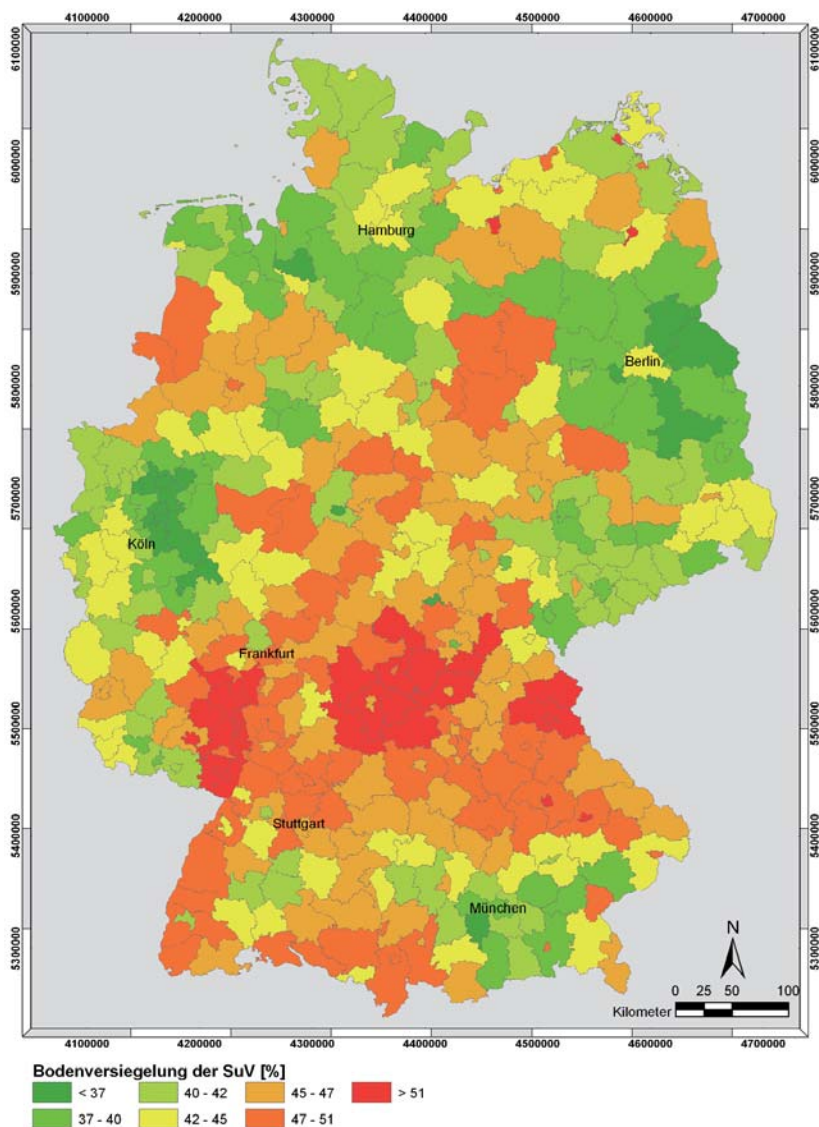
Quelle: Auswahl aus  
BMVBS/BBR  
(2007), Ergänzungen:  
J. Wettemann,  
Universität  
Würzburg.



3 ATKIS – Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem, ein Projekt der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV).

**Abbildung 3a:**

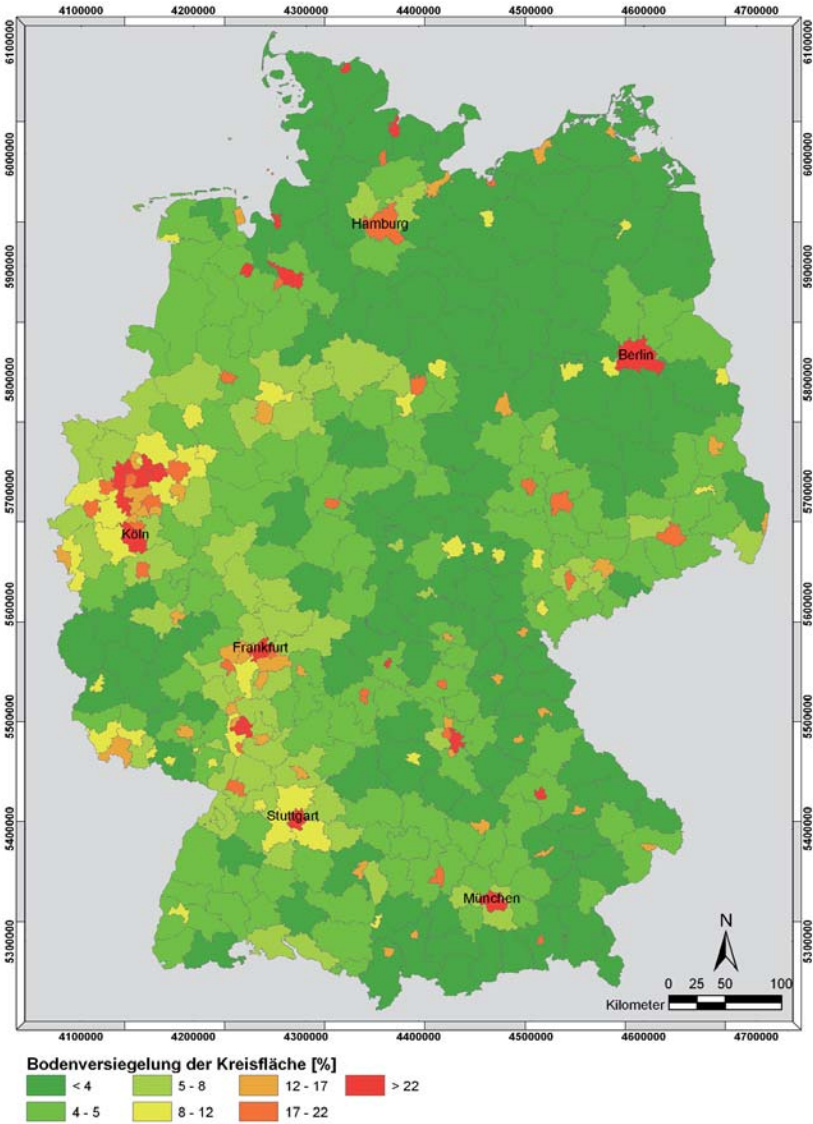
Kreisbezogene Informationsprodukte zur Bodenversiegelungssituation in Deutschland im Jahr 2000, dargestellt in Form der Bodenversiegelung der SuV



Quellen: Landsat-Daten,  
ATKIS-Daten;  
Darstellung:  
Vitus Himmler.

Während die Bodenversiegelung pro Kreis insbesondere in Ballungsgebieten hoch ist, zeigt das Verhältnis von Bodenversiegelung inklusive Infrastruktur zu der Bodenversiegelung innerhalb der Siedlungsflächen, dass der Anteil von Versiegelung aufgrund von Verkehrswegen im Vergleich zur Siedlung in dicht besiedelten Räumen (z.B. um Hamburg, Köln, Stuttgart) gering ist – im Gegensatz zu peripheren ländlichen Gebieten (z.B. Schwarzwald oder Eifel). Die mit Hilfe der Fernerkundung gewonnenen Ergebnisse wurden anhand von Referenzdaten aus vier Städten verglichen, wobei eine mittlere absolute Abweichung von rund 19 Prozent ermittelt wurde.

Im Vergleich zu den amtlichen Statistiken (UGRdL) weicht der Grad der Bodenversiegelung pro Bundesland um maximal sechs Prozent ab. Den höchsten Versiegelungsgrad der SuV besitzt Hessen mit 46,1 Prozent, den geringsten Brandenburg mit 39,3 Prozent. Die Übereinstimmung mit der amtlichen Statistik ist



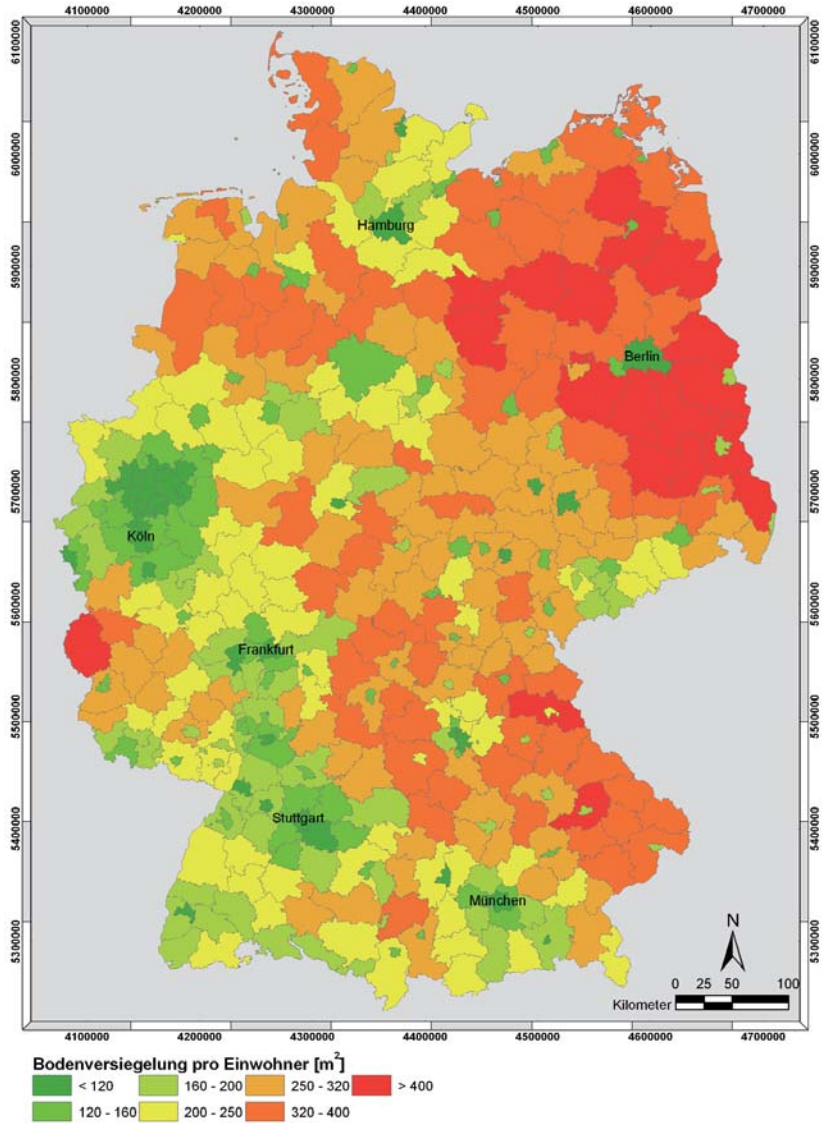
**Abbildung 3b:**  
Kreisbezogene Informations-  
produkte zur Bodenversiege-  
lungssituation in Deutschland  
im Jahr 2000, dargestellt in  
Form der Bodenversiegelung  
der Kreisfläche

Quellen: Landsat-Daten,  
ATKIS-Daten;  
Darstellung:  
Vitus Himmler.

hoch, der Vorteil der Versiegelungsableitung mit Fernerkundungsdaten äußert sich vor allem darin, dass diese Daten flächengenau in einer räumlichen Auflösung von 25 m bereitgestellt werden und nicht lediglich einen statistischen Wert wiedergeben.

**Abbildung 3c:**

Kreisbezogene Informationsprodukte zur Bodenversiegelungssituation in Deutschland im Jahr 2000, dargestellt in Form der Bodenversiegelung pro Einwohner

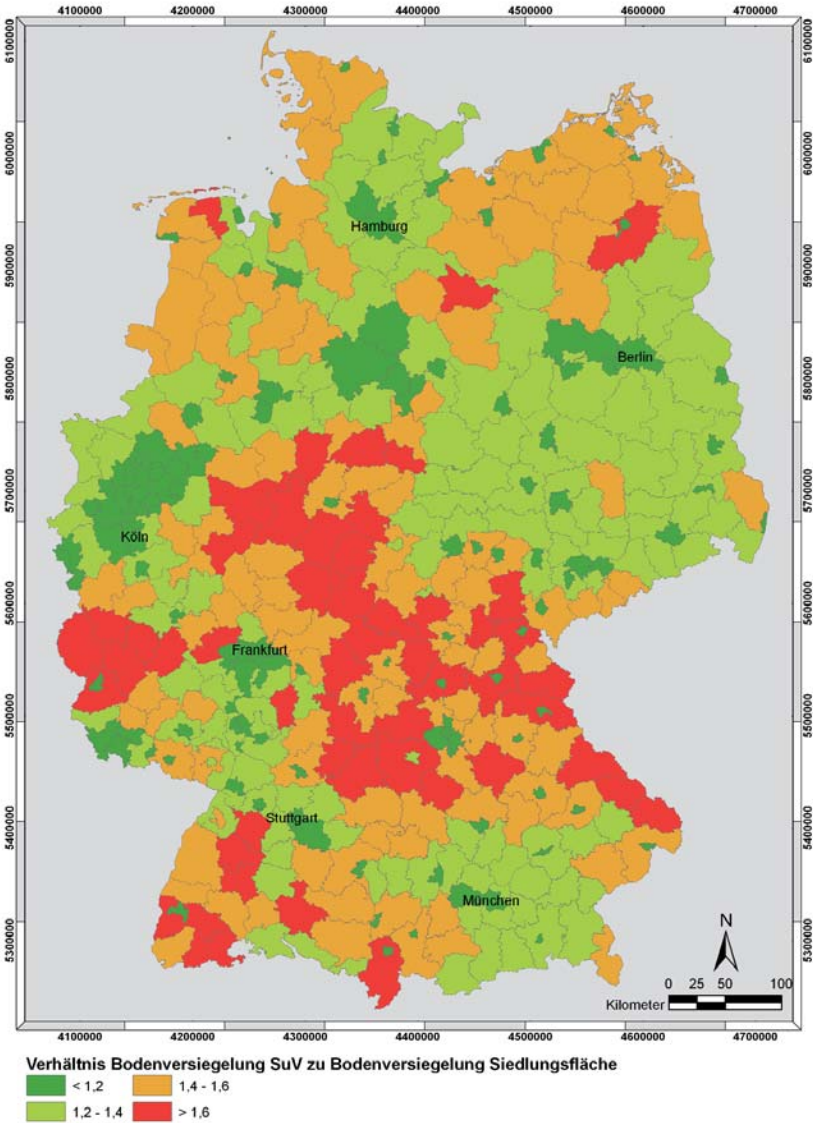


Quellen: Landsat-Daten,  
ATKIS-Daten;  
Darstellung:  
Vitus Himmler.

## 5. Determinanten der Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung

Zur Entscheidungsunterstützung ist für eine nachhaltige Steuerung der Flächeninanspruchnahme neben einem hochwertigen Monitoringsystem das Wissen über die Determinanten der Flächeninanspruchnahme unerlässlich. Aufgrund dessen wurden, aufbauend auf dem Indikatorensystem des Flächenbarometers, kausal-analytische Untersuchungen zur Flächeninanspruchnahme durchgeführt. Weiterhin können die gewonnenen Kreistypisierungen für eine interregionale Positionierung der Kreise im Sinne eines Benchmarking herangezogen werden. Auf Basis der innerhalb des Projektes generierten Versiegelungsdaten wurden zudem erstmals bundesweite Analysen zur Bestimmung der Determinanten der Versiege-





**Abbildung 3d:**  
Kreisbezogene Informations-  
produkte zur Bodenversiege-  
lungssituation in Deutschland  
im Jahr 2000, dargestellt in  
Form des Verhältnisses von  
Bodenversiegelung der Sied-  
lungs- und Verkehrsfläche zu  
Bodenversiegelung der Sied-  
lungsfläche

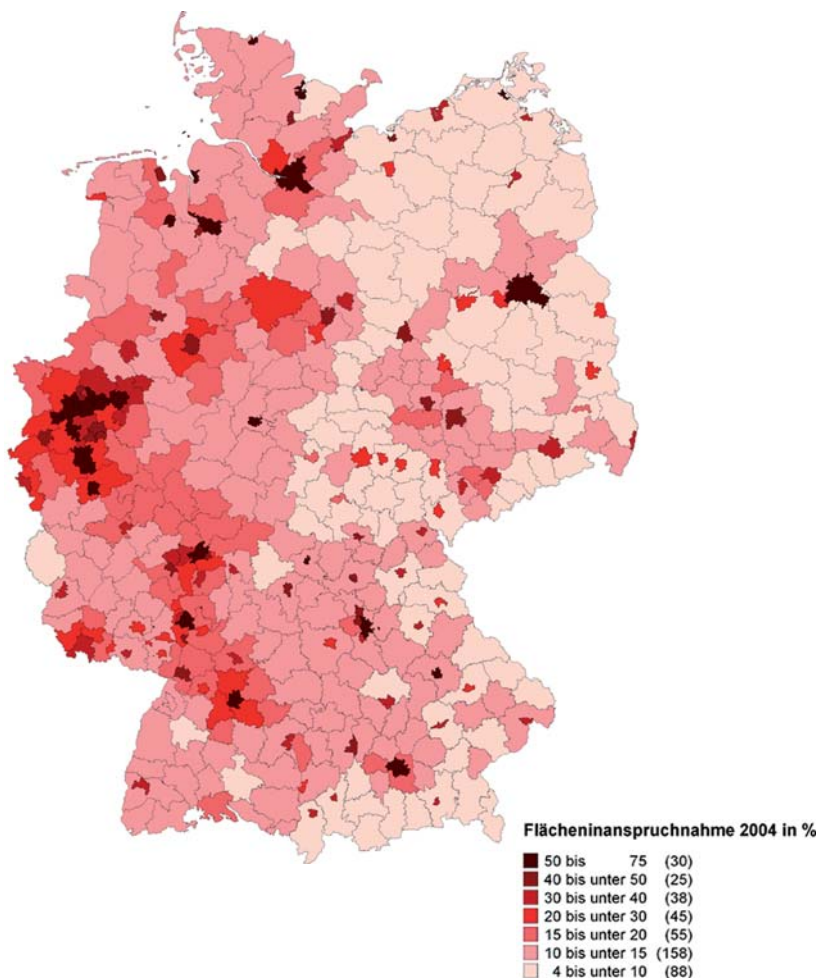
Quellen: Landsat-Daten,  
ATKIS-Daten;  
Darstellung:  
Vitus Himmler.

lung<sup>4</sup> durchgeführt. Die Ergebnisse wurden als weitere Methoden in das Flächen-  
barometer integriert.

Bei der Bestimmung der Determinanten der Flächeninanspruchnahme zeigte sich,  
dass eine Typisierung auf Grundlage der Flächenverbrauchsstruktur notwendig  
ist. Hierzu wurden ausgewählte Indikatoren des Flächenbarometers für das Jahr  
2004 auf Kreisebene herangezogen. Im Unterschied zu einem bundesweit ein-  
heitlichen Erklärungsansatz wurden innerhalb der Kausalanalysen somit sowohl  
siedlungsstrukturelle als auch flächennutzungsspezifische Gegebenheiten berück-



4 Bodenversiegelung 1: Bodenversiegelung bezogen auf die Gesamtfläche.  
Bodenversiegelung 2: Bodenversiegelung bezogen auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche (nach  
ATKIS).

**Abbildung 4a:**Flächeninanspruchnahme  
2004

Quellen:

Daten: Statistik regional;

Berechnungen und

Darstellung:

J. Wettemann, Universität Würzburg.

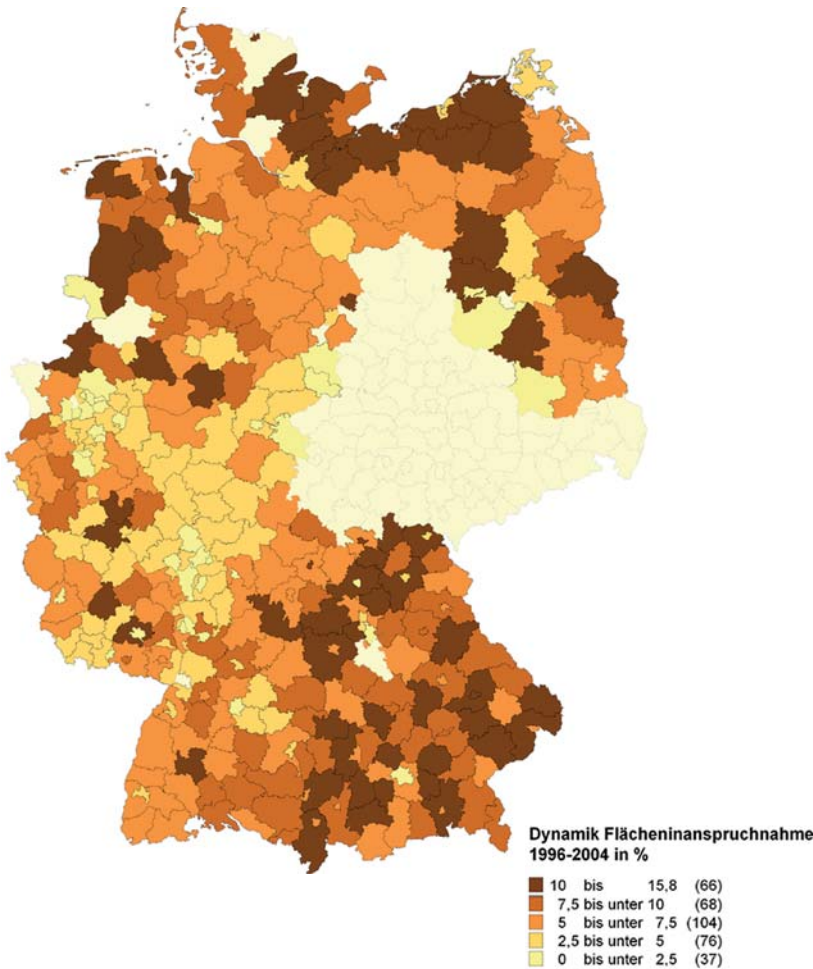
sichtigt. Methodisch basieren die Typisierungen auf einer Clusteranalyse mit vorgeschalteter Faktorenanalyse. Es zeigte sich, dass sich die bundesweite Flächennutzungsstruktur mit acht Clustern beschreiben lässt (vgl. Abbildungen 4a–d). Etwa 60 Indikatoren unter anderem aus den Bereichen Demographie, Wirtschaft, Soziales und staatliche Förderung gingen als erklärende Variablen in die cluster-spezifischen Kausalanalysen ein<sup>5</sup>. Die Kausalanalysen bezogen sich hierbei sowohl auf Untersuchungen zur Struktur (2004) als auch zur Entwicklung der Flächeninanspruchnahme (1996–2004). Die Indikatoren erklären die Flächenverbrauchsstruktur und -entwicklung je Cluster in unterschiedlichem Maße und nicht vollständig (Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,19\text{--}0,87$ ). Das bedeutet, dass die Entwicklung der Flächeninanspruchnahme zusätzlich noch auf weitere quantitative, vor allem aber auf qualitative Faktoren zurückzuführen ist. Da planerische und politische Entscheidungen über die Inanspruchnahme von Flächen auf regionaler oder kommunaler Ebene fallen, wurden zudem in ausgewählten Modellregionen akteurszentrierte Untersuchungen zu flächenausweisungsrelevanten Entschei-



<sup>5</sup> Eine detaillierte Darstellung dieser Ergebnisse findet sich im Abschlussbericht des Projektes.

**Abbildung 4b:**

Entwicklung der Flächeninanspruchnahme 1996–2004



Quellen:

Daten: Statistik regional;

Berechnungen und

Darstellung:

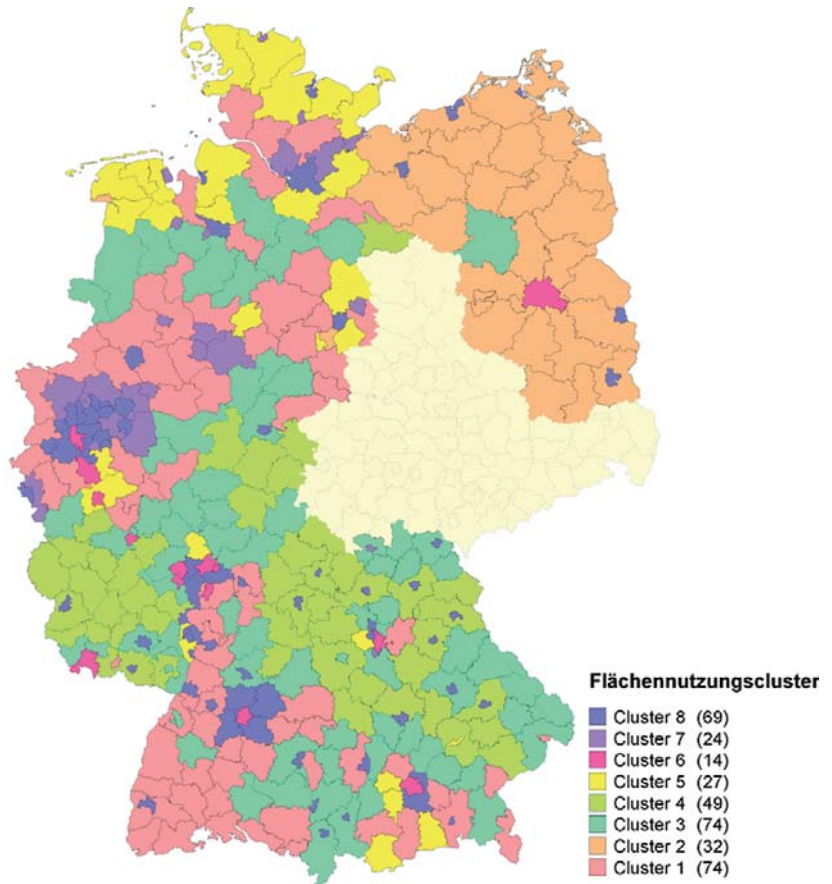
J. Wettemann, Universität Würzburg.

gen durchgeführt. Aufbauend auf den Ergebnissen können weitere Maßnahmen für ein nachhaltiges Flächenmanagement abgeleitet werden.

Zur Bestimmung der Versiegelungsdeterminanten wurden zunächst bundesweite Kausalanalysen auf Gemeindeebene durchgeführt. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die Höhe des Versiegelungsanteils an der jeweiligen Gemeindefläche sehr präzise mit der Flächeninanspruchnahme determiniert werden kann ( $R^2 = 0,89$ ) und eindeutig in Abhängigkeit zu siedlungsstrukturellen Typisierungen steht. Im Gegensatz dazu wird mit der Bestimmung des Versiegelungsanteils der Siedlungsfläche auf Basis der Flächennutzung nur ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,05$  erreicht. Aufgrund dessen wurden weitere Analysen auf Kreisebene für Deutschland sowie auf Gemeindeebene für Bayern durchgeführt. Als erklärende Determinanten wurden neben Indikatoren der Flächennutzung auch sozioökonomische und infrastrukturelle Indikatoren herangezogen. Trotz noch immer relativ geringer Erklärungswerte zeichnete sich z.B. ein negativer Zusammenhang des Versiegelungsgrades mit dem Anteil der Wohnfläche ab.

**Abbildung 4c:**

Flächennutzungs-basierte  
Typisierung  
(Fehlende Werte aufgrund  
von Datendefiziten)

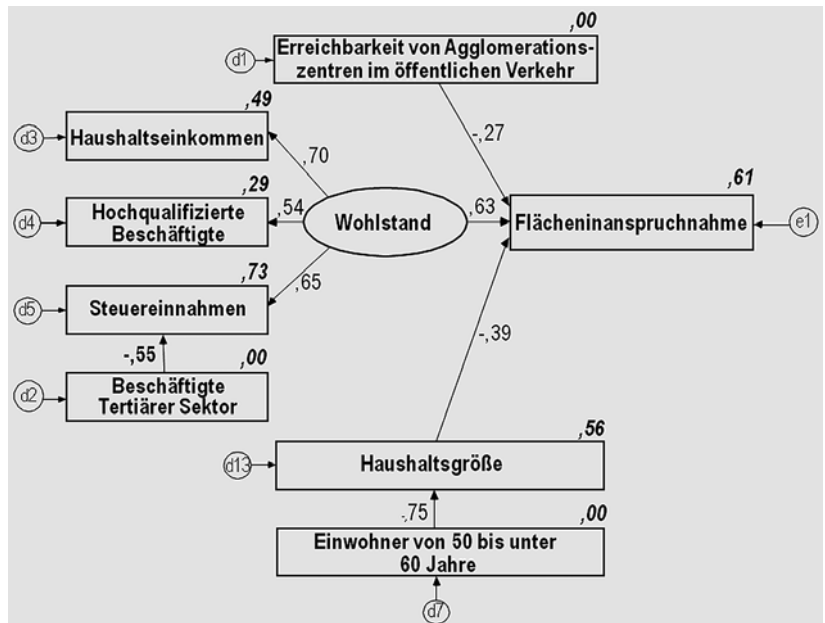


Quellen:

Daten: Statistik regional;  
Berechnungen und  
Darstellung:  
J. Wettemann, Univer-  
sität Würzburg.

**Abbildung 4d:**

Beispiel für clusterspezifische  
Kausalanalyse (Pfadanalyse)



Quellen:

Daten: Statistik regional;  
Berechnungen und  
Darstellung:  
J. Wettemann, Univer-  
sität Würzburg.





## 6. Fazit

Aufgrund der den Indikatoren zugrunde gelegten statistischen Quellen<sup>6</sup>, welche leicht und relativ kostengünstig zugänglich sind, sowie durch die getroffene Auswahl ist eine Fortführung der Ergebnisse möglich. Hinsichtlich eines langfristigen Einsatzes als Informationsinstrument eignen sich die Indikatoren für ein Monitoring zur Messung der quantitativen und qualitativen Flächeninanspruchnahme. Des Weiteren gilt es auf Grundlage der gewonnenen Indikatoren, eine Verstetigung von Bewertung und Interpretation voranzubringen. Erweiterungsmöglichkeiten bieten sich vor allem hinsichtlich der räumlichen Auflösung an: Die Anwendbarkeit des Flächenbarometers auf kommunaler Ebene kann durch die Generierung der Indikatoren auf der Ebene von Stadtteilen verbessert werden.

Die Erweiterung von Nachhaltigkeitsindikatoren um fernerkundungsgestützte Indikatoren zeigt ihren hohen Mehrwert insbesondere darin, dass die Fernerkundungsindikatoren flächengenau, in hoher räumlicher Detailschärfe, nach objektiven Regelwerken wiederholbar berechnet werden. Die Werte sind somit stetig, genau lokalisierbar und leiten sich aus realen flächenhaften Beobachtungen ab. Für ein kontinuierliches weiträumiges Monitoring bietet sich die Ableitung der Versiegelung über Landsat oder andere vergleichbare Satellitendaten an. Die im Projekt erfolgreich getestete Übertragbarkeit der hier vorgestellten Methodik auf andere Sensoren zeigt, dass eine konsistente Weiterführung der Erfassung der Versiegelungsentwicklung damit möglich ist.

Durch die Generierung von Flächennutzungstypen und die Ableitung von cluster-spezifischen Determinanten der Flächeninanspruchnahme können Regionen und Kommunen mit einem erhöhten Handlungsbedarf identifiziert werden. Zugleich bietet die Aufdeckung von Erklärungszusammenhängen die Möglichkeit, nutzungsspezifische Handlungsstrategien und Maßnahmen hinsichtlich eines effektiven Flächenmanagements abzuleiten.

## Literatur

- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2002): Nachhaltige Raumentwicklung im Spiegel von Indikatoren, Bonn (BBR-Reihe Berichte, Band 13).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche – Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Bundesregierung, Bonn (BBR-Reihe Forschungen, Heft 130).
- Esch, Thomas, Vitus Himmler, Christopher Conrad, Gunther Schorcht, Michael Thiel, Felix Bachofer, Thilo Wehrmann, Michael Schmidt und Stefan Dech (2009): Large-area Assessment of Impervious Surface Based on Integrated Analysis of Single-date Landsat-7 Images and Geospatial Vector Data, in: Remote Sensing of Environment 113, S. 1678–1690.
- Kreibich, Volker (1999): Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren im ExWoSt-Forschungsfeld „Städte der Zukunft“, in: Birkmann, Jörn, und andere: Indika-



<sup>6</sup> Statistik lokal, Statistik regional (Hrsg.: Statistische Ämter des Bundes und der Länder).

toren für eine nachhaltige Raumentwicklung. Methoden und Konzepte der Indikatorenforschung, Dortmund (Dortmunder Beiträge zur Raumplanung Nr. 96), S. 128–156.

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (2007): Indikatoren zur Siedlungsentwicklung. Flächen gewinnen. Orientierungshilfen für Kommunen, Karlsruhe.

Meyer, Wolfgang (2004): Indikatorenentwicklung. Eine praxisorientierte Einführung, Saarbrücken (Centrum für Evaluation – Ceval Arbeitspapiere 10).

UGRdL/Arbeitsgruppe Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AG UGRdL), [www.ugrdl.de](http://www.ugrdl.de), Zugriff: 25.5.2009.

### Statistische Quellen/Datenbanken

Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Statistik lokal. CD-ROM. Verschiedene Ausgaben.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Statistik regional. CD-ROM. Verschiedene Ausgaben.

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung.

[www.raumbeobachtung.de](http://www.raumbeobachtung.de)

[www.regionalstatistik.de](http://www.regionalstatistik.de)

[www.inka.de](http://www.inka.de)

### Autoren und Autorin



Thomas Esch, Dr., Dipl.-Geogr., geb. 1975, Studium der Physischen Geographie in Trier, von 2006 bis 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fernerkundung im Geographischen Institut der Julius-Maximilians-Universität Würzburg; E-Mail: [thomas.esch@dlr.de](mailto:thomas.esch@dlr.de)



Vitus Himmler, Dipl.-Geogr., geb. 1981, Studium der Geographie in Würzburg, seit 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fernerkundung im Geographischen Institut der Julius-Maximilians-Universität Würzburg; E-Mail: [vitus.himmler@uni-wuerzburg.de](mailto:vitus.himmler@uni-wuerzburg.de)



Ralf Klein, Dr., PD, Dipl.-Geogr., geb. 1960, Studium der Angewandten Geographie, Betriebswirtschaftslehre, Statistik und Kartographie in Trier, Tätigkeit im Bereich der Regionalforschung an der Hochschule in Flensburg, wissenschaftlicher Assistent an der Universität Osnabrück, seit 2000 am Institut für Geographie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, seit 2002 als Hochschullehrer; E-Mail: [ralf.klein@uni-wuerzburg.de](mailto:ralf.klein@uni-wuerzburg.de)



*Martin Schmidt*, Dipl.-Geogr., geb. 1981, Studium der Geographie, Geologie und Informatik in Würzburg, seit 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fernerkundung im Geographischen Institut der Julius-Maximilians-Universität Würzburg; E-Mail: [martin.schmidt@uni-wuerzburg.de](mailto:martin.schmidt@uni-wuerzburg.de)



*Julia Wettemann*, Dipl.-Geogr., geb. 1981, Studium der Geographie, Betriebswirtschaftslehre und des Verwaltungsrechts in Würzburg, seit 2007 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Geographie und Regionalforschung, Julius-Maximilians-Universität Würzburg; E-Mail: [julia.wettemann@uni-wuerzburg.de](mailto:julia.wettemann@uni-wuerzburg.de)

## Perspektiven für eine nachhaltige Flächennutzung

### Ansätze und (erste) Ergebnisse des regionalisierten umweltökonomischen Modells PANTA RHEI

*Martin Distelkamp, Frank Hohmann, Christian Lutz, Philip Ulrich und Marc Ingo Wolter*

#### REFINA-Forschungsvorhaben: PANTA RHEI REGIO

**Projektleitung:** Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH  
**Projektpartner:** Umweltbundesamt; Statistisches Bundesamt; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW; ITAS Forschungszentrum Karlsruhe; Landratsamt Saale-Orla-Kreis; Hochsauerlandkreis; Stadt Duisburg; Wirtschaftsförderung Osnabrück  
**Modellraum:** Deutschland, Saale-Orla-Kreis, Hochsauerlandkreis, Stadt Duisburg, Stadt Osnabrück  
**Projektwebsite:** [www.gws-os.de/refina](http://www.gws-os.de/refina)

## 1. Ausgangspunkt

Die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme stellt eine zentrale Herausforderung der Nachhaltigkeitspolitik in Deutschland dar. Mit dem 30 ha-Ziel – bezogen auf die tägliche Neuinanspruchnahme von Siedlungs- und Verkehrsfläche – bis zum Jahr 2020 hat die Bundesregierung diesbezüglich eine ambitionierte Größenordnung formuliert, für deren genauere Einordnung es einer Projektion der voraussichtlichen Entwicklung der Flächeninanspruchnahme unter unveränderten politischen Rahmenbedingungen bedarf.

Bisherige Projektionen der zukünftigen Flächeninanspruchnahme in Deutschland gehen zwar durchgehend von einer mehr oder weniger starken Reduktion gegenüber dem heutigen Niveau aufgrund des demographischen Wandels aus (vgl. z.B. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung [BBR] 2007: 65; Bürkner u.a. 2007). All diesen Aussagen ist jedoch gemein, dass sie auf relativ einfachen Modellrechnungen fußen, die das komplexe Gefüge, welches für das Zustandekommen von Flächeninanspruchnahme verantwortlich ist, nur bedingt abbilden. Bisherige Bemühungen, die zukünftige Flächeninanspruchnahme im Rahmen des umweltökonomischen Modells PANTA RHEI abzubilden, waren wiederum dadurch gekennzeichnet, dass der Grad der Regionalisierung unbefriedigend blieb (vgl. Ahlert u.a. 2004; Petschow u.a. 2007). Für die Flächeninanspruchnahme gilt jedoch in besonderem Maße, dass sie auf regionaler Ebene – und hier insbesondere durch die regional stark disparat verlaufenden Entwicklungen (Bevölkerung, Wirtschaftsstruktur) – determiniert wird (vgl. z.B. Jörissen/Coenen 2006; Siedentop u.a. 2007). Analysen bzw. Modellierungen, die sich räumlich auf ein hohes Aggregationsniveau beschränken – sei es die nationale Ebene wie bei Ahlert u.a. (2004) oder die Ebene der Raumtypen wie bei Petschow u.a. (2007) –, sind nur in sehr begrenztem Maße in der Lage, diese für die Flächeninanspruchnahme wichtigen Systemzusammenhänge abzubilden. Vor diesem Hintergrund ist im Rahmen der Förderinitiative



REFINA das Modell PANTA RHEI im Bereich „Wohnen und Fläche“ um eine explizite Bottom-up-Modellierung auf Ebene aller Landkreise und kreisfreien Städte erweitert worden (vgl. Ahlert u.a. 2007; Ulrich/Wolter 2007).

In Zusammenarbeit mit bundesweiten Institutionen und regionalen Partnern wurden in einem modellgestützten Dialog Rechnungen zur zukünftigen Flächeninanspruchnahme in Deutschland durchgeführt. Sie geben Aufschluss über die Wirkung politischer Maßnahmen auf die Flächeninanspruchnahme und deren räumliche und sachliche Ausprägung. Zudem zeigen sie die zukünftige Flächen nachfrage in den Regionen und daraus ableitbare Handlungsanforderungen für regionale Akteure. Mit Abschluss des Forschungsprojekts im Frühjahr 2009 liegt eine erste Version von PANTA RHEI REGIO vor.

## 2. Einflussfaktoren und Interdependenzen mit Blick auf die Flächenentwicklung

Die Grundlagen von PANTA RHEI REGIO liegen in der Identifizierung überwiegend nachfragebezogener Einflussfaktoren sowie der Einflüsse von Preisveränderungen und deren konsequenter Verknüpfung mit zu erwartenden gesamtwirtschaftlichen und regionalen Entwicklungen. Mit dieser Fokussierung auf – gemäß Einordnung in der Studie „Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen“ (Siedentop u.a. 2009) – nachfrageseitige Erklärungsansätze ist jedoch keineswegs die Aussage verbunden, dass angebotsseitige Erklärungsansätze wie beispielsweise die positivplanerische Regulierung der Flächennutzung keinen Einfluss nehmen. Vielmehr wird im Basisszenario unterstellt, dass sich diese Faktoren gegenüber dem historischen Zeitraum nicht verändern.

In der Kategorie „Siedlungs- und Verkehrsfläche“ werden Flächennutzungen zusammengefasst, die in ihrem Versiegelungsgrad und ihrer Bedeutung für die regionale Entwicklung sehr unterschiedlich sind. Die Siedlungsfläche wird unter anderem unterteilt in Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche (ohne Abbau- und Erholungsfläche) und Friedhofsfläche. Eine weitere Unterteilung der Gebäude- und Freiflächen erlaubt die getrennte Analyse von drei Flächennutzungskategorien:

- Siedlungsfläche Wohnen (Gebäude- und Freifläche, Wohnen).
- Siedlungsflächen Wirtschaft (übrige Gebäude- und Freiflächen) und
- übrige Siedlungsflächen (Betriebs-, Erholungs- und Friedhofsflächen).

Jeder dieser Kategorien können unterschiedliche Einflussfaktoren zugeordnet werden. Neben deren Identifikation mit Hilfe empirischer Analysen war für die Modellkonzipierung die konsistente Integration in den Kontext der makroökonomischen Modellierung notwendig.

Ausgangspunkt für die regionalen Flächenmodule ist eine Projektion der Wirtschaftsentwicklung in den Regionen (Wertschöpfung, Arbeitsmarkt, Einkommen) auf Grundlage des makroökonomischen Modells INFORGE<sup>1</sup> (Distelkamp u.a. 2003; Zika/Schnur 2009). Dieses Modell stellt den ökonomischen Kern des



<sup>1</sup> INFORGE (INterindustry FORcasting GErmany) ist ein nach Sektoren gegliedertes gesamtwirtschaftliches Modell für die Bundesrepublik Deutschland. Es stellt den ökonomischen Kern des Modells PANTA RHEI dar und ist damit auch zentraler Bestandteil des Modells PANTA RHEI REGIO. Eine weitergehende Darstellung der Modelle und der Einbettung der neuen Modellbestandteile in bestehende Systeme findet sich in Ahlert u.a. (2007).

### PANTA RHEI REGIO – ein Überblick

Das Diagramm zeigt die Struktur des PANTA RHEI REGIO. Es ist in drei Hauptbereiche unterteilt: Ökonomie, Demographie (exogen) und Politik.

- Ökonomie:**
  - u.a. Wirtschaftswachstum
  - Strukturwandel
  - Beschäftigung
  - Einkommen
  - Preise (u.a. für Bauland)
  - Bautätigkeit
- Demographie (exogen):**
  - Bevölkerung, Haushalte
  - Kreise
- Politik:**
  - u.a. Ordnungspolitischen Rahmen
  - Steuern

Die Kreise (PANTA RHEI REGIO) sind in der Ökonomie und Demographie verortet. Die Beziehungen zwischen den Ebenen sind wie folgt dargestellt:

- Bund (INFORGE) → Länder (LÄNDER) → Kreise (PANTA RHEI REGIO):** Ein vertikaler Pfeil zeigt den Einfluss des Bundes auf die Kreise über die Länder.
- Wirtschaftswachstum → Strukturwandel → Beschäftigung → Einkommen → Preise (u.a. für Bauland) → Bautätigkeit:** Eine Kette von vertikalen Pfeilen zeigt die Abfolge der ökonomischen Faktoren.
- Strukturwandel → Beschäftigung → Einkommen → Preise (u.a. für Bauland) → Bautätigkeit:** Ein horizontaler Pfeil zeigt den Einfluss der Politik auf die ökonomischen Faktoren.
- Bevölkerung, Haushalte → Kreise:** Ein horizontaler Pfeil zeigt den Einfluss der Demographie auf die Kreise.
- Kreise (PANTA RHEI REGIO) → Kreise:** Ein horizontaler Pfeil zeigt den Einfluss der Kreise auf die Kreise.
- Bund → Länder → Kreise:** Ein horizontaler Pfeil zeigt den Einfluss des Bundes auf die Kreise über die Länder.
- Bund → Länder → Kreise:** Ein horizontaler Pfeil zeigt den Einfluss der Länder auf die Kreise.
- Bund → Länder → Kreise:** Ein horizontaler Pfeil zeigt den Einfluss der Kreise auf die Kreise.

Quelle: Eigene Darstellung.

Das Diagramm zeigt den Modellierungsschritt zur Neubaugebietsschätzung. Es besteht aus folgenden Elementen:

- Exogene Daten (links):**
  - Exogen aus Raumordnungsprognose 2025
  - Anzahl der Haushalte
  - Verfügbares Einkommen je Haushalt
  - Preise
- Zentrale Berechnungen (Mitte):**
  - Benötigte Anzahl an Wohnungen
  - Nachgefragte Wohnfläche je Wohnung
  - Benötigte Wohnfläche insgesamt
  - Neubaubedarf Wohnfläche insgesamt
  - Wohnfläche je Neubauwohnung
  - Wohneinheiten je Neubauwohngebäude
  - GF-Fläche je Neubau Wohngebäude
- Bestand und Fortschreibung (unten links):**
  - Altbestand Wohnfläche
  - Abgänge Wohnfläche
  - Modellendogene Fortschreibung des Wohnflächenbestandes
- Ergebnisse (rechts):**
  - Neubau Wohngebäude insgesamt
  - Flächeninanspruchnahme GF-Fläche Wohnen

Die Schritte sind wie folgt vernetzt:

- Die **Anzahl der Haushalte** fließt in die **Benötigte Anzahl an Wohnungen**.
- Das **Verfügbare Einkommen je Haushalt** fließt in die **Nachgefragte Wohnfläche je Wohnung**.
- Die **Preise** fließen in die **Nachgefragte Wohnfläche je Wohnung**.
- Die **Benötigte Anzahl an Wohnungen** fließt in die **Benötigte Wohnfläche insgesamt**.
- Die **Nachgefragte Wohnfläche je Wohnung** fließt in die **Benötigte Wohnfläche insgesamt**.
- Die **Benötigte Wohnfläche insgesamt** fließt in den **Neubaubedarf Wohnfläche insgesamt**.
- Der **Neubaubedarf Wohnfläche insgesamt** fließt in die **Wohnfläche je Neubauwohnung**.
- Die **Wohnfläche je Neubauwohnung** fließt in die **Wohneinheiten je Neubauwohngebäude**.
- Die **Wohneinheiten je Neubauwohngebäude** fließen in die **Neubau Wohngebäude insgesamt**.
- Die **Neubau Wohngebäude insgesamt** fließen in die **Flächeninanspruchnahme GF-Fläche Wohnen**.
- Die **GF-Fläche je Neubau Wohngebäude** fließen in die **Flächeninanspruchnahme GF-Fläche Wohnen**.
- Der **Altbestand Wohnfläche** fließt in die **Modellendogene Fortschreibung des Wohnflächenbestandes**.
- Die **Abgänge Wohnfläche** fließen in die **Modellendogene Fortschreibung des Wohnflächenbestandes**.
- Die **Modellendogene Fortschreibung des Wohnflächenbestandes** fließt in die **Flächeninanspruchnahme GF-Fläche Wohnen**.

Quelle: Eigene Darstellung.

2 Wichtige Grundlage für die regionale Wohnungsmodellierung ist die exogen vorgegebene regionalisierte Bevölkerungsprognose (BBR Raumordnungsprognose 2025, siehe Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung 2008). Die Raumordnungsprognose 2025 zeigt, dass bis zum Jahr 2020 in den Landkreisen und kreisfreien Städten Deutschlands mit einer großen Bandbreite bei der Entwicklung der Bevölkerungs- und Haushaltsanzahl zu rechnen ist.

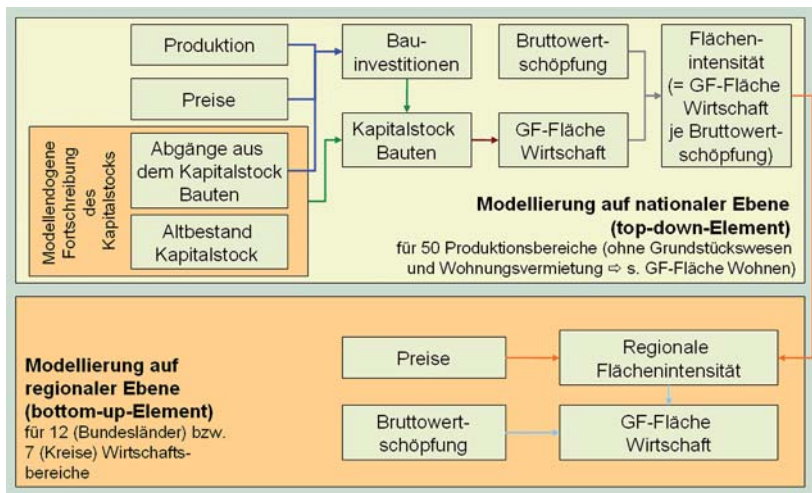


insgesamt ist zusätzlich die Entwicklung der regionalen Kaufkraft von Bedeutung. Bei der empirischen Überprüfung der Systemzusammenhänge zeigte sich, dass neben einer Trendabhängigkeit in Richtung mehr Wohnfläche je Wohnung die Entscheidung darüber, wie großzügig gewohnt wird, davon abhängt, wie sich die Kaufkraft (verfügbares Einkommen) in Relation zu den Kosten des Wohnens bzw. Bauens entwickelt. Hierbei zeigen sich in den Kreisen durchaus unterschiedliche Anpassungsrelationen (Elastizitäten), die für die Prognose der zukünftigen Entwicklungen zugrunde gelegt werden. Aus der Höhe der Abgänge an Wohnraum ergibt sich zusätzlich ein Ersatzbedarf in den Regionen. Die Abgangsquote ist dabei überwiegend durch die Struktur des Wohnungsbestandes und langfristige Bevölkerungsentwicklungen beeinflusst. Hinsichtlich der Art, wie gebaut wird (Ein-/Zweifamilienhäuser oder Mehrfamilienhäuser), sind sehr unterschiedliche Faktoren wirksam. Großen Einfluss hat hier die Altersstruktur der Bevölkerung. So fragt die Bevölkerung im Familiengründungsalter überwiegend Einfamilienhäuser nach, mit zunehmendem Alter steigt jedoch – von Remanenzeffekten<sup>3</sup> abgesehen – die Nachfrage nach Wohnformen im Geschosswohnungsbau. Die langfristige Entwicklung der Baulandpreise beeinflusst schließlich die Größe der Fläche, die für ein Wohngebäude vorgesehen wird.

Die Entwicklung der *Siedlungsfläche Wirtschaft* ist hingegen stark von der Veränderung der Wirtschaftsstruktur geprägt. Zusätzlich verändert sich die Flächenproduktivität der einzelnen Wirtschaftsbereiche, so dass je nach Branche für die Produktion der Güter und Dienstleistungen im Zeitverlauf immer mehr bzw. weniger Fläche benötigt wird.

**Abbildung 3:**

Erklärung der Flächeninanspruchnahme Siedlungsfläche Wirtschaft in den Kreisen



Quelle: Eigene Darstellung.

Die Flächenintensität (Gebäude- und Freifläche je Bruttowertschöpfung) ist im Bereich Logistik sehr hoch, zeigt jedoch leicht abnehmende Tendenzen. Der Maschinenbau dagegen hat eine deutlich geringere Flächenintensität, die leicht



3 Remanenzeffekte im Wohnen entstehen, wenn ein sich verkleinernder Haushalt aufgrund verringerter Wohnmobilität bei fortgeschrittenem Lebensalter in einer großflächigen Wohnform (z.B. Einfamilienhaus im Eigentum) verbleibt und damit ohne Veränderung nachfragebezogener Einflüsse pro Person (und Wohnung) mehr Fläche bewohnt wird.



steigende Tendenzen zeigt. Die Konsequenzen des allgemeinen und flächenspezifischen Strukturwandels in Deutschland werden unter Berücksichtigung der regionalen Wirtschaftsstrukturen und deren Veränderung in die Regionen projiziert. Dabei werden übergeordnete regionale Flächenintensitäten einbezogen.

Durch die Integration von *Preiswirkungen* sind die vielfältigen Interdependenzen im Bereich der Siedlungsentwicklung im Modell abgebildet. So bewirken steigende Baulandpreise, etwa durch steuerliche Abgaben, eine Dämpfung des Verhältnisses aus regionaler Kaufkraft und Kosten für den Neubau eines Wohngebäudes, was wiederum zu einem Rückgang des Wohnungsneubaus führt. Des Weiteren „reagieren“ die durchschnittlichen Grundstücksgrößen. Im Bereich der Wirtschaft verschieben sich die Produktivitäten, da Wirtschaftsbereiche, die auf größere Flächenexpansion angewiesen sind, einen Nachteil gegenüber jenen Wirtschaftsbereichen haben, die flächensparsam produzieren. Eine Veränderung der Baulandpreise wirkt zudem auf die regionale Flächenintensität.

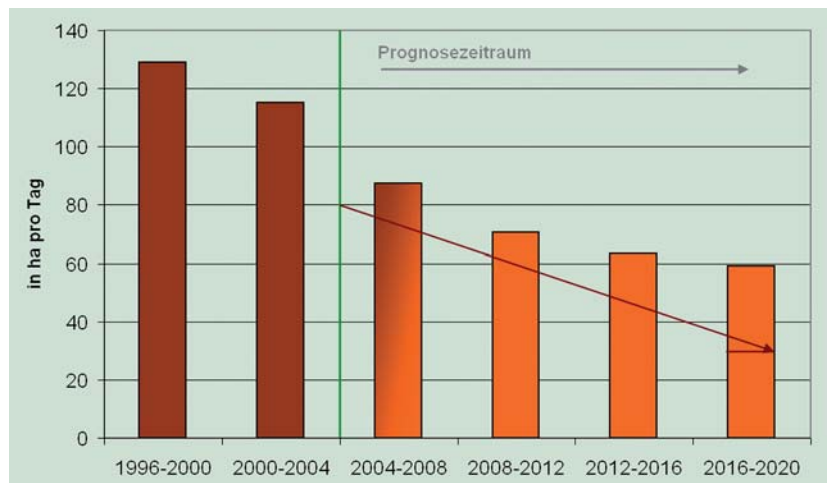
### 3. Zukünftige Flächeninanspruchnahme

Die tägliche Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr (SuV) betrug laut Statistik im Zeitraum 2000 bis 2004 etwa 115 ha pro Tag. Seitdem hat sie nur leicht abgenommen. Unter Berücksichtigung statistischer Ungenauigkeiten ergibt sich eine Neuinanspruchnahme für Flächen im Zeitraum 2003 bis 2006 von etwa 95 ha pro Tag (vgl. Dosch 2008). Welche Entwicklungen lassen sich jedoch für die Zukunft erwarten? Die Ergebnisse der Flächenprojektion mit PANTA RHEI REGIO zeigen, dass die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen bis 2020 deutlich zurückgeht (vgl. Abbildung 4)<sup>4</sup>.

**Abbildung 4:**

Entwicklung der Flächeninanspruchnahme Siedlungs- und Verkehrsflächen bis 2020

Quellen: Statistisches Bundesamt; PANTA RHEI REGIO Basis-szenario 02/2009.



Im Zeitraum 2016 bis 2020 beträgt die tägliche Neuinanspruchnahme etwa 60 ha pro Tag. Der Rückgang wird zum Ende des Prognosezeitraums jedoch schwächer.

<sup>4</sup> Ausführliche Darstellungen zu den Projektionsergebnissen von PANTA RHEI REGIO enthält ein im Herbst 2009 veröffentlichtes GWS Discussion Paper (siehe [www.gws-os.com](http://www.gws-os.com)).





cher. Aufgrund der anhaltenden Dynamik der Flächenentwicklung und des allgemeinen Rückgangs der Bevölkerung geht die Siedlungsdichte von etwa 1800 auf etwa 1630 Einwohner pro km<sup>2</sup> Siedlungs- und Verkehrsfläche zurück. Dies könnte allgemein zu zunehmender Dispersion und Fragmentierung der Siedlungsstruktur führen (vgl. BBR 2007: 70).

Sensitivitätsanalysen zeigen, dass auch bei einem stärkeren Rückgang der Bevölkerung und einem geringeren wirtschaftlichen Wachstum kaum ein Wert von unter 40 ha pro Tag in 2020 erreicht wird. Des Weiteren ergeben Szenariorechnungen mit fiskalischen Maßnahmen (etwa einer Neubesiedelungsabgabe), dass diese zwar durchaus einen nennenswerten Beitrag zu einem nachhaltigeren Umgang mit Flächen leisten können. Fiskalische Maßnahmen alleine, mit lenkenden, aber nicht prohibitiven Abgabenhöhen, werden jedoch kaum ausreichen, um das 30 ha-Ziel zu erreichen. Politisches Handeln ist im Bereich des „Flächenverbrauchs“ damit auch über Lenkungsabgaben hinausgehend gefordert (vgl. Distelkamp u.a. 2008). Dies gilt in besonderem Maße für Aktivitäten und Programme, die sich unter dem Begriff „nachhaltiges Flächenmanagement“ zusammenfassen lassen<sup>5</sup>.

Bei der Unterteilung des „Flächenverbrauchs“ nach Flächennutzungskategorien zeigt sich ein kontinuierlicher, jedoch gegen Ende des Prognosezeitraums abgebremster Rückgang des Zuwachses an Siedlungsfläche Wohnen. Eine langfristig anhaltende Flächeninanspruchnahme ist jedoch für die Siedlungsfläche Wirtschaft zu erwarten. Im Vergleich zu den Entwicklungen von 2000 bis 2005 verschiebt sich die Flächenproblematik langfristig von den privaten Haushalten zur gewerblichen Wirtschaft. Auch für die Verkehrsflächen wird kein deutlicher Rückgang der Flächeninanspruchnahme erwartet. Wie im Folgenden gezeigt wird, stellt sich das Ausmaß des Handlungsbedarfs im Hinblick auf die Flächeninanspruchnahme jedoch in den Regionen sehr unterschiedlich dar.

So geht die Siedlungsdichte in Bayern zwischen 2004 und 2020 um sechs Prozent zurück, während in Sachsen-Anhalt ein Rückgang um 25 Prozent erwartet wird. Nachhaltigkeitsziele werden im Folgenden ausschließlich für die Siedlungsflächen Wohnen und Wirtschaft formuliert<sup>6</sup>. Die Projektionen hinsichtlich der zukünftigen Flächeninanspruchnahme für diese Flächennutzungen sind regional jedoch sehr unterschiedlich, wie die nachfolgende Karte (vgl. Abbildung 5a) für Raumordnungsregionen zeigt. Die Schwerpunkte der Siedlungsentwicklung verändern sich im Vergleich zu der letzten Dekade in der Zukunft nicht grundlegend. Hohe Flächeninanspruchnahme (rote Regionen in Abbildung 5a) findet voraussichtlich weiterhin im Nordwesten und im Umland von Hamburg statt. Als Expan-



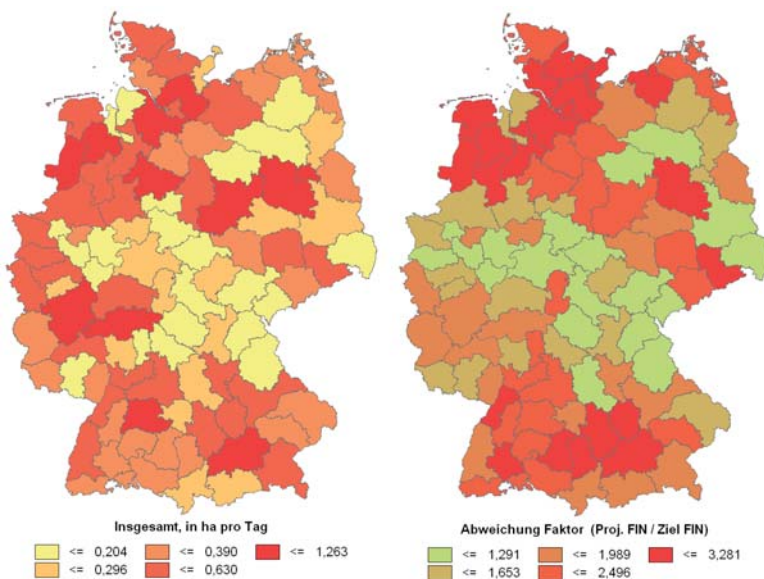
5 Die Auswirkungen solcher Maßnahmen auf die zukünftige Flächeninanspruchnahme lassen sich mit einem umweltökonomischen Modell wie PANTA RHEI REGIO nur sehr bedingt oder gar nicht abbilden.

6 Die Entwicklung der Siedlungsflächen Wohnen und Wirtschaft ist nicht nur maßgeblich für die Entwicklung der SuV-Flächen insgesamt. Auch hängt deren Dynamik direkt vom Verhalten privater und gewerblicher Investoren ab. Auch das statistische Ausgangsmaterial ist, im Vergleich zu Erholungs- und Verkehrsflächen, belastbarer (vgl. BBR 2007: 68; Dosch 2008: 41). Bei einer Aufteilung des Flächenziels von 30 ha pro Tag auf die erwähnten Flächennutzungskategorien ergibt sich für die bebauten Siedlungsflächen ein Ziel von etwa 17,4 ha pro Tag in 2020. Zugrunde gelegt wurden dabei die Anteile am Flächenzuwachs in den Jahren 1996 bis 2006. Auch dieses Teilziel würde nach Ergebnissen von Modellrechnungen mit PANTA RHEI REGIO in 2020 mit 33 ha pro Tag deutlich verfehlt.

sionsachsen stellen sich der Bereich Hannover bis Berlin und das mittlere und obere Rheintal dar. Weiterhin bilden die Agglomerationsräume Rhein-Neckar und München Schwerpunkte der Siedlungsexpansion. Vom Oberpfälzer Wald bis Weserbergland werden für weite Bereiche keine großen Veränderungen erwartet. Dies gilt auch für viele ländliche Räume nördlich und südöstlich von Berlin. Diese Entwicklungsmuster sind ein Spiegelbild der zu erwartenden wirtschaftlichen Dynamik und Bevölkerungsentwicklung und sind zusätzlich (zu einem geringeren Ausmaß) ein Ergebnis des in der Vergangenheit zu beobachtenden Umgangs mit freier Fläche. Die Entwicklungen in den einzelnen Regionen bezüglich der Nachhaltigkeit können in einem nächsten Schritt bewertet werden. Dafür müssen für die Regionen angemessene Ziele formuliert werden, etwa mit Hilfe von Verteilungsschlüsseln für das Gesamtziel (vgl. Jakubowski/Zarth 2003; Henger/Schröter-Schlaack 2008). Die regionalen Entwicklungen, die sich aus den Modellrechnungen ergeben, können nun zu den regionalen Flächenzielen in Bezug gesetzt werden. Es zeigt sich (vgl. Abbildung 5b), dass sich dort Anpassungsdruck (rote Regionen) andeutet, wo auch die Siedlungsfläche im Basisszenario stark zunimmt. Jedoch ist auch zu erkennen, dass einige relativ expansive Regionen sich mit ihrem „Flächenverbrauch“ annähernd im Rahmen der Vorgaben bewegen. So wird die Flächeninanspruchnahme am Niederrhein durch die Bevölkerungs- und Flächenanteile relativiert. Andere Regionen, deren Flächeninanspruchnahme nicht überdurchschnittlich hoch ist, sind jedoch unter Nachhaltigkeitsaspekten (bzw. mit Blick auf die Bevölkerungs-/Flächenrelation) auffällig. Dazu zählen z.B. Regionen im südlichen Baden-Württemberg und solche an der Ostseeküste. Häufig jedoch zählen Regionen mit den größten Nachhaltigkeitslücken auch zu den größten „Flächenverbrauchern“. Hohe Faktorwerte können jedoch ihren Ursprung sowohl im Ausmaß und der Struktur der Nachfrage als auch im Charakter der derzeitigen kommunalen Flächenpolitik haben. Für eine differenzierte Analyse des Handlungsbedarfs der Regionen sollten überdies weitere Indikatoren, wie etwa Baulandpreise, Topographie, Wirtschaftsstruktur und wirtschaftliche Dynamik, einbezogen werden (vgl. Jakubowski/Zarth 2003).

**Abbildung 5a:** (links)  
Veränderung der Siedlungsflächen Wohnen und Wirtschaft zwischen 2008 und 2020

**Abbildung 5b:** (rechts)  
Verhältnis von projizierter Flächeninanspruchnahme zu nachhaltiger Flächeninanspruchnahme



Quelle: PANTA RHEI REGIO  
Basisszenario  
02/2009, Klassen-  
bildung nach Quinti-  
len, Karten erstellt  
mit Regiograph.



## 4. Möglichkeiten und Grenzen des Modells

Durch die Integration der in Abschnitt 2 skizzierten Interdependenzen ist das Modell PANTA RHEI REGIO besonders gut geeignet, flächenpolitische Szenarien zu berechnen. Ökonomische Stellgrößen können verändert werden, um etwa die Wirksamkeit von Instrumenten in diesem Bereich zu evaluieren. Andere Projektionsrechnungen (z.B. Bürkner u.a. 2007; Münter 2005), die überwiegend demographische Parameter berücksichtigen, generieren gute Ergebnisse und sind schnell nachvollziehbar. Die Möglichkeiten, entscheidende Parameter zielgerichtet zu verändern und Wirkungen auf die Flächeninanspruchnahme sowie gesamtwirtschaftliche Effekte abzuschätzen, sind jedoch in diesen Modellen deutlich eingeschränkt oder gar nicht vorhanden. Des Weiteren beschränken sich die Berechnungen häufig nur auf den Bereich Wohnungsbau oder nur auf Teilgebiete Deutschlands (vgl. Baba u.a. 2007).

Wie bereits erwähnt können angebotsseitige Faktoren, sofern sie sich nicht in Preisentwicklungen widerspiegeln, nur begrenzt berücksichtigt werden. Damit ist die Prognosegüte von PANTA RHEI REGIO insbesondere auf regionaler Ebene eingeschränkt. Auf der einen Seite können strategische Flächenausweisungen der Kommunen (z.B. auf Grundlage der Erwartung/Hoffnung, kaum vorhandene Wohnbauflächennachfrage durch attraktive Angebote zu erhöhen) nicht abgebildet werden. Auf der anderen Seite kann hohe Flächennachfrage für Regionen abgeleitet werden. Ob jedoch die topographischen und siedlungsstrukturellen Voraussetzungen für Expansionen gegeben sind, bleibt im Modellkontext unberücksichtigt, es sei denn, das Baulandpreisniveau und seine Veränderung induzieren den starken Siedlungsdruck bzw. die Restriktionen. Allgemein nimmt die Fundiertheit der Vorausberechnung mit steigendem Grad der regionalen Betrachtung ab. Hier spielt auch die Verwertbarkeit des statistischen Ausgangsmaterials eine größere Rolle. Im Bereich der Bevölkerungsentwicklung bestehen auf Kreisebene des Weiteren jene Beschränkungen, die auch für die Raumordnungsprognose gelten (vgl. Bucher 2006).

Darüber hinaus erfordert die Modellierung eine hohe Qualität und Verfügbarkeit des statistischen Ausgangsmaterials. Die im Bereich der Flächenstatistik bekannten Ungenauigkeiten und Unplausibilitäten (vgl. Deggau 2006; Dosch 2008) schränken die Aussagekraft teilweise weiter ein. Auch ist die Veränderung der „Siedlungs- und Verkehrsfläche“ nur ein Indikator für Flächeninanspruchnahme, insbesondere wenn größere Umwidmungen stattfinden oder wenn große Teile neuer Baugebiete über längere Zeit unbebaut bleiben. Bei der Entwicklung des Modells standen primär die Abbildung der „tatsächlichen“ Flächennutzung und ihr Wandel im Vordergrund. Die dafür notwendigen Bereinigungen führen mitunter dazu, dass Vergleiche mit der historischen Entwicklung bzw. mit neuen aktuellen Zahlen nur begrenzt aussagekräftig sind.

Weiterer Forschungs- bzw. Verbesserungsbedarf wird auch im Bereich der Flächeninanspruchnahme der Wirtschaft gesehen. Hier konnten im Rahmen der Projektarbeiten zwar regionale Disparitäten bei der Flächenintensität einzelner Wirtschaftsbereiche aufgedeckt werden. Die Hintergründe bzw. Einflussfaktoren, die für diesen Befund verantwortlich sind, verblieben jedoch weitgehend ungeklärt, so dass für die Projektionen einfache Hypothesen zur Permanenz der regionalen Disparitäten in diesem Bereich formuliert werden mussten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine zeitnahe Aktualisierung von PANTA RHEI REGIO wünschenswert wäre, die einerseits auf eine verbesserte

Datenbasis<sup>7</sup> aufbauen und andererseits zusätzliche Erkenntnisse zu den abgebildeten Systemzusammenhängen berücksichtigen könnte beziehungsweise die angeführten Einschränkungen zur Prognosegüte zu minimieren versucht.

Trotz dieser hinsichtlich der kurzfristigen bzw. regionalen Prognosegüte eingestanden Schwächen steht bereits heute mit PANTA RHEI REGIO ein System zur Verfügung, welches die Perspektive der Nachhaltigkeit der Siedlungsentwicklung in Deutschland aus unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchten kann. Die auf Basis des Modells generierten Projektionen zur zukünftigen Flächeninanspruchnahme zeigen empirisch begründete Entwicklungstendenzen auf, die einen fundierten Dialog über zukünftige Herausforderungen auf dem Weg zu einer nachhaltigen Flächennutzung ermöglichen.

Der „Blick in die Zukunft“ ist immer dann von besonderer Bedeutung, wenn vorausschauende Planung stattfinden soll, oder wenn Unsicherheit über die Wirksamkeit unterschiedlicher politischer Maßnahmen besteht. Der Dialog mit den regionalen Akteuren und den bundesweiten Institutionen während des Vorhabens hat gezeigt, dass allgemein ein Bedarf an Entscheidungsgrundlagen vorhanden ist und zunimmt. Die Verwertung der Erkenntnisse zur zukünftigen Siedlungsentwicklung und dem Modellsystem als solchem kann auf unterschiedliche Weise stattfinden.

Auf *regionaler Ebene* können die Akteure aus den Ergebnissen Handlungsbedarf auf unterschiedlichen Feldern ableiten. Den aus den Modellrechnungen ersichtlichen unerwünschten Entwicklungen kann durch spezifische Problemlösungsansätze entgegengewirkt werden. In regionalen Szenarien lassen sich Entwicklungskorridore und prägende Einflussfaktoren ermitteln. Auf *überregionaler Ebene* treten übergeordnete Tendenzen, Verteilungsmuster und gesamtwirtschaftliche Effekte in den Vordergrund. Diese Aspekte können in vielfältiger Weise, etwa bezüglich der Wirkung politischer Maßnahmen auf Flächenentwicklung und Gesamtwirtschaft, analysiert werden. Der Aspekt der Nachhaltigkeit der Siedlungsentwicklung spielt dabei eine große Rolle. Das bis dato sehr allgemein gehaltene quantitative Flächenziel von 30 ha pro Tag muss dafür sachlich und regional ausdifferenziert werden. Nur so ist die Entwicklung einer Flächennutzungsart in einer bestimmten Region im Sinne der Nachhaltigkeit bewertbar. Als primäre Zielgruppe für Erkenntnisse und Anwendungsmöglichkeiten von PANTA RHEI REGIO in diesem Sinne werden die mit Flächenentwicklungen befassten Fachministerien (Umwelt, Bauen und Verkehr, Wirtschaft) in Bund und Ländern erachtet.

<sup>7</sup> Insbesondere aktualisierte und plausibilisierte Daten zur Flächennutzung, aktualisierte Daten zur wirtschaftlichen Dynamik (inkl. Finanz- und Wirtschaftskrise) und Datenergänzungen (z.B. aus der laufenden Raumbewertung des BBR). Auch wurden im Rahmen der REFINA-Projekte „Flächenbarometer“ (siehe Beiträge Klein, Ralf, und andere sowie Klein, Doris, und andere in diesem Band) und „Automatisierte Fernerkundungsverfahren“ (Hagedorn und andere) Datensätze generiert, die für eine verbesserte Datenbasis zur historisch beobachteten Flächeninanspruchnahme genutzt werden können.



## Literatur

- Ahlert, Gerd, Martin Distelkamp, Anett Großmann, Frank Hohmann, Christian Lutz, Bernd Meyer, Philip Ulrich und Marc Ingo Wolter (2007): Förderinitiative REFINA: PANTA RHEI REGIO – Modellgrundlagen und Modellkonzeption (GWS Discussion Paper 2007/3), Osnabrück.
- Ahlert, Gerd, Uwe Klann, Christian Lutz, Bernd Meyer und Marc Ingo Wolter (2004): Abschätzung der Auswirkungen alternativer Bündel ökonomischer Anreizinstrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme – Ziele, Maßnahmen, Wirkungen. Gutachten im Auftrag des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), Osnabrück.
- Baba, Ludger, Julia Kemper, Annamaria Schwedt (2007): Regionale Siedlungsflächenentwicklung in den neuen Bundesländern auf Basis von Prognosen der Bau- und Immobilienwirtschaft (BMVBS/BBR Forschungen, Heft 123), Bonn.
- Bucher, Hansjörg (2006): Das Gesamtmodell, in: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.): Raumordnungsprognose 2020/2050 (Berichte, Band 23), Bonn.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2008): Raumordnungsprognose 2025 (Berichte KOMPAKT 2/2008), Bonn.
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2007): Wohnungs- und Immobilienmärkte in Deutschland 2006 (Berichte, Band 27), Bonn.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2007): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. Kurzfassung, München/Freiburg.
- Bürkner, Hans-Joachim, Olaf Berger, Christian Luchmann und Eric Tenz (2007): Der demographische Wandel und seine Konsequenzen für Wohnungsnachfrage, Städtebau und Flächennutzung (IRS Working Paper), Erkner.
- Deggau, Michael (2006): Nutzung der Bodenfläche – Flächenerhebung 2004 nach Art der tatsächlichen Nutzung (Wirtschaft und Statistik 3/2006), Wiesbaden.
- Distelkamp, Martin, Frank Hohmann, Christian Lutz, Bernd Meyer und Marc Ingo Wolter (2003): Das IAB/INFORGE-Modell – Ein neuer ökonomischer Ansatz gesamtwirtschaftlicher und länderspezifischer Szenarien (Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, BeitrAB 275), Nürnberg.
- Distelkamp, Martin, Christian Lutz, Philip Ulrich und Marc Ingo Wolter (2008): Entwicklung der Flächeninanspruchnahme für Siedlung und Verkehr bis 2020 – Ergebnisse des regionalisierten Modells PANTA RHEI REGIO (GWS Discussion Paper 2008/7), Osnabrück.
- Dosch, Fabian (2008): Siedlungsflächenentwicklung und Nutzungskonkurrenzen, in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis, 17 Jg., Nr. 2 (Zeitschrift des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse [ITAS] im Forschungszentrum Karlsruhe).
- Henger, Ralph, und Christoph Schröter-Schlaack (2008): Designoptionen für den Handel mit handelbaren Flächenausweisungsrechten in Deutschland (Land Use Economics and Planning – Discussion Paper No 08-2), Göttingen.
- Jakubowski, Peter, und Michael Zarth (2003): Nur noch 30 Hektar Flächenverbrauch pro Tag – Vor welchen Anforderungen stehen die Regionen, in: Raumforschung und Raumordnung, Heft 3 (2003), Bonn.

- Jörissen, Juliane, und Reinhard Coenen (2006): TA-Projekt Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Ziele, Maßnahmen, Wirkungen. Endbericht (TAB Arbeitsbericht Nr. 98), Berlin.
- Münter, Angelika (2005): Demographischer Wandel und längerfristiger Wohnsiedlungsflächenbedarf in den Gemeinden und Kreisen Nordrhein-Westfalens. Abschlussbericht, Dortmund.
- Petschow, Ulrich, Thomas Zimmermann, Martin Distelkamp und Christian Lutz (2007): Wirkungen fiskalischer Steuerungsinstrumente auf Siedlungsstrukturen und Personenverkehr vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung, Berlin/Osnabrück.
- Siedentop, Stefan, Richard Junesch, Martina Strasser, Philipp Zakrzewski, Luis Samaniego und Jens Weinert (2009): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Forschungen, Heft 139), Bonn.
- Siedentop, Stefan, Richard Junesch, Martina Strasser und Philipp Zakrzewski (2007): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. 2. Zwischenbericht eines Forschungsvorhabens im Auftrag des BBR, Stuttgart/Leipzig.
- Ulrich, Philip, und Marc Ingo Wolter (2007): PANTA RHEI REGIO – Die detaillierte Modellierung von fünf ausgewählten Kreisen (GWS Discussion Paper 2007/5), Osnabrück.
- Zika, Gerd, und Peter Schnur (2009): Das IAB/INFORGE-Modell: Ein sektorales makro-ökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs (IAB-Bibliothek 318), Nürnberg.

## Autoren



*Martin Distelkamp*, Dipl.-Volksw., geb. 1968, Studium an der Universität Essen, seit 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshung mbH (GWS mbH), Osnabrück, Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Analyse und Prognose von regionalökonomischen Zusammenhängen, Fragestellungen im Kontext der gesamtgesellschaftlichen Ziele einer Reduktion der Flächeninanspruchnahme und des Materialeinsatzes in der Wirtschaft;  
E-Mail: distelkamp@gws-os.de



*Frank Hohmann*, Dipl.-Kfm., geb. 1966, Studium der Betriebswirtschaft mit den Schwerpunkten Wirtschaftsinformatik und Produktion an der Universität Osnabrück, anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik I der Universität Osnabrück, seit 1999 bei der GWS mbH und dort für die Bereiche Softwareentwicklung und Technik verantwortlich;  
E-Mail: hohmann@gws-os.de



*Christian Lutz*, Dr., Dipl.-Volksw., geb. 1967, Studium der VWL mit quantitativem Schwerpunkt an der Universität Tübingen, Promotion über ein umweltökonomisches Thema in Osnabrück, seit 2000 Geschäftsführer der GWS mbH, Leiter des Bereichs Energie und Umwelt, umfangreiche Erfahrungen in der Entwicklung und Anwendung makroökonomischer Modelle für öffentliche und private Arbeitgeber, Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: nachhaltige Entwicklung, energiewirtschaftliche Fragen und internationaler Handel;  
E-Mail: lutz@gws-os.de



*Philip Ulrich*, Dipl.-Geogr., geb. 1978, Studium der Geographie an der Universität Würzburg und an der Universität Umeå (Bachelor of Science) mit den Studienschwerpunkten Geographische Handelsforschung und Wirtschaftsgeographie, seit Juli 2006 bei der GWS mbH, Arbeitsschwerpunkt: regionale Modellierungen;  
E-Mail: ulrich@gws-os.de



*Marc Ingo Wolter*, Dr., Dipl.-Volksw., geb. 1969, Studium an der Universität Osnabrück, bis 2002 Mitarbeiter an der Universität Osnabrück, Promotion über die Auswirkungen des demographischen Wandels auf die sozialen Sicherungssysteme, seit 1998 bei der GWS mbH, Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: detaillierte Analyse branchenspezifischer Entwicklungen, sozioökonomische Modellierung;  
E-Mail: wolter@gws-os.de



# 3

## Neue Grundlageninformationen für die Standortbewertung





## Funktionsbewertung urbaner Böden

*Friedrich Rück, Hubertus von Dressler, Silke Höke, Markus Rolf, Klaus Thierer, Jürgen Schneider und Susanne David*

### **REFINA-Forschungsvorhaben: Funktionsbewertung urbaner Böden und planerische Umsetzung im Rahmen kommunaler Flächenschutzkonzeptionen**

**Projektleitung:** Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur

**Projektpartner:** Wissenschaftliche Kooperation: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG); EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH

**Praxispartner:** Stadt Osnabrück, Fachbereich Städtebau; Stadt Osnabrück, Fachbereich Umwelt

**Modellraum:** Stadt Osnabrück

**Projektlaufzeit:** 15.08.2006 bis 15.05.2009

**Projektwebsite:** [www.stadtboden-planung.de](http://www.stadtboden-planung.de)

## 1. Einleitung und Hintergrund

Stadtgebiete sind in Bodenkarten häufig lediglich weiße Flecken. Somit liegen für Stadtböden in der Regel nicht die notwendigen Informationen in ausreichender Qualität vor. Darüber hinaus sind die meisten Methoden zur Bewertung von Bodenfunktionen für naturnahe Böden im Außenbereich entwickelt worden und berücksichtigen daher nicht die spezifischen Merkmale urbaner Böden (vgl. Übersicht 1). Böden übernehmen aber gerade in den stark verdichteten städtischen Räumen häufig besonders wichtige stadökologische Funktionen, die indes aufgrund der genannten Defizite in Planungsprozessen nur ungenügend berücksichtigt werden (können).

Innerhalb der REFINA-Förderung ist das Vorhaben im Schwerpunktbereich II „Analysen, Methoden und Bewertungsansätze für ein nachhaltiges Flächenmanagement und Flächenrecycling“ angesiedelt. Leitbild des Vorhabens ist ein qualitatives Flächenmanagement, bei dem das Ziel der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme nicht ausschließlich quantitativ verstanden wird, sondern erst durch die Berücksichtigung qualitativer Aspekte den Ansprüchen einer nachhaltigen Stadtentwicklung gerecht werden kann. Auch – oder besser – gerade bei einer verstärkten Innenentwicklung kommt der Berücksichtigung von schutz- und entwicklungsbedürftigen Funktionen der Stadtböden eine besonders große Bedeutung im Rahmen von Standortentscheidungen zu.

Ziel des Vorhabens war es, solche Bewertungsansätze für urbane Böden zu adaptieren und Bewertungsverfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, die wertvollen und leistungsfähigsten Böden im urbanen Raum zu identifizieren und möglichst von Bebauung freizuhalten. Um geeignete Verfahren zu entwickeln, müssen sowohl die Informationen über Stadtböden verbessert als auch eine enge Abstimmung mit den zukünftigen Nutzern eines solchen Bewertungsverfahrens vorgenommen werden.



**Abbildung 1a:** Schichtung & Verdichtung von techn. Substraten



**Abbildung 1b:** Mischung tech. Substrate mit natürlichem Boden



**Abbildung 1c:** Gestörter Wasserhaushalt; Humus im Unterboden

| Merkmal   | Bedeutung für Bodenfunktionen   | Berücksichtigung in der Bodenbewertung bisher   |
|---|---|---|
| Technogene Substrate                                | spez. Eigenschaften <ul style="list-style-type: none"> <li>im Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt,</li> <li>als Schadstoffquelle / -senke</li> <li>z.T. hohe Reaktivität = schnelle Änderungen ...</li> </ul>  | ja, <ul style="list-style-type: none"> <li>aber Böden generell schlecht bewertet, unabhängig von tatsächlicher Leistung</li> <li>als Schadstoffquelle</li> </ul>                      |
| Mischung und Schichtung                             | Einfluss auf <ul style="list-style-type: none"> <li>den Wasser- &amp; Lufthaushalt</li> <li>Durchwurzelbarkeit</li> <li>Bewertbarkeit</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtung außer in We nicht berücksichtigt</li> <li>Mischung nicht berücksichtigt</li> </ul>  |
| sehr geringe / sehr hohe Trockenrohdichten (TRD)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>TRD geht ein in kf, nFK, KAK, LK, We</li> <li>hohe TRD = Stauwasser &amp; Zwischenabfluss,</li> <li>geringe TRD = setzungsgefährdet &amp; geringe Nährstoffpotentiale pro Raumeinheit</li> </ul>   | ja <ul style="list-style-type: none"> <li>aber TRD &lt; 1,2 g cm<sup>3</sup> wird nicht differenziert</li> </ul>  |
| Grobbodenanteile / Skelettgehalte                   | Abnahme der: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserspeicher- und Sorptionskapazität für Schad- &amp; Nährstoffe,</li> </ul> Zunahme von: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiefenversickerung,</li> <li>Lösungsdurchbrüchen..</li> </ul>  | z.T. Skelettanteil wird in besseren Schlüsseln herausgerechnet und positiv bei Versickerungsleistung beurteilt  |
| pH-Werte häufig erhöht                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>gehen ein in KAK, die Filter-, Puffer-, Transformatorfunktionen...</li> <li>beeinflusst, ob Boden Stoffquelle o. -senke ist</li> </ul>   | ja, (gewichtete pH-Mittelwerte werden häufig falsch berechnet!)   |
| hohe Gehalte organischer Substanzen                 | Humus <ul style="list-style-type: none"> <li>geht ein in KAK, nFK, LK, We, Filter-, Puffer-, Transformatorfunktionen</li> <li>positiv im Oberboden = Wasser- / Nährstoffspeicher, Nährstofflieferant, Schadstofffilter</li> <li>negativ im Unterboden = Wasserstauer, red. d. Sauerstoffzehrung bei Abbau &amp; geringem Luftaustausch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Humus im OB wird berücksichtigt, organische Auflagen bisher nicht</li> <li>Richtige Berücksichtigung von Humus im Unterboden unklar</li> </ul> |
| veränderter Wasserhaushalt                          | Einfluss auf die Berechnung von z.B. nFK, BKF;<br>Bei Versiegelung oder Beregnung versickern (benachbarte) Böden mehr /weniger Wasser = neue Stoffgleichgewichte  | nein, es fehlt <ul style="list-style-type: none"> <li>i.d.R. Forderung der Feststellung aktueller Grundwasserstände,</li> <li>die Einbeziehung lateraler Zu- und Abflüsse</li> </ul>  |
| junge, im Ungleichgewicht stehende Bodenentwicklung | Bewertungsänderung (Humusgehalte, Carbonatisierung)<br>Ererbte Bodeneigenschaften können Bewertung beeinflussen. Beurteilung, ob Merkmale rezent, z.T. schwierig  | nein  |
| teil-, voll- oder unterflurversiegelt               | veränderter Wasser-, Luft- und Stoffhaushalt der betroffenen und der benachbarten Böden   | nein<br>Böden werden gar nicht bewertet   |



Ausgangspunkt dieses Vorhabens war es zunächst, die auf Bewertungsmethoden für Böden im unbebauten Außenbereich aufbauenden und für einzelne Stadtgebiete entwickelten Methoden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf Stadtböden zu vergleichen und auf ihre Validität hin zu überprüfen. Dabei wird deutlich, dass einerseits die Anpassung von Zielsetzungen an Problemstellungen urbaner Räume, andererseits die angemessene Berücksichtigung der in Übersicht 1 beschriebenen spezifischen Merkmale von Stadtböden bisher die größten Defizite darstellen. In größeren Städten bestehen aber ca. 40 Prozent der Böden aus Mischungen natürlicher und technogener Substrate und ca. 15 Prozent aus rein technogenen Substraten (vgl. Stasch 2004). In Bergbauregionen können diese Werte noch deutlich höher liegen. Um dies in den Methoden besser berücksichtigen zu können, wurde in diesem Projekt eine Stadtbodendatenbank mit gut untersuchten Bodenprofilen (Messdaten aus Laboranalysen) aufgebaut. Diese dient zur Ableitung von Kennwerten für technogene Substrat(unter)gruppen wie z.B. Bauschutt oder Steinkohleasche und damit zur Ergänzung der für natürliche Böden bereits vorhandenen Tabellen für die Bodenschätzung. Weiter wird die Stadtbodendatenbank zur Validierung bodenkundlicher Kennwerte genutzt. Damit wird die Datengrundlage zur Bewertung von Stadtböden erheblich verbessert (Höke u.a. 2008; David/Schneider 2008).

Linke Seite:

**Übersicht 1 mit Abbildungen 1a bis 1c:**

Merkmale urbaner Böden und ihre Bedeutung für die Bodenfunktionsbewertung

Quelle: Eigene Darstellung.

## 2. Die Bodenfunktionen nach Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)

Gesetzliche Grundlage für die Berücksichtigung des Bodens im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung sind vor allem das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und das Baugesetzbuch (BauGB). Zweck des Bundesbodenschutzgesetzes ist es, die Funktionen des Bodens nachhaltig zu sichern oder wiederherzustellen. Negative Einwirkungen insbesondere auf seine natürlichen Funktionen sowie seine Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sollen so weit wie möglich vermieden werden (§ 1 BBodSchG). Das Gesetz hat zwei hauptsächliche Zielrichtungen: Zum einen beinhaltet es Vorsorgeaspekte in der Verhinderung und Begrenzung zukünftiger Bodenbelastungen und negativer Einwirkungen auf Bodenfunktionen, zum anderen sollen bereits entstandene Belastungen bewältigt werden. Das Ziel ist nicht die vollständige Wiederherstellung natürlicher Böden oder völlige Schadstofffreiheit, sondern die Beherrschung der negativen Auswirkungen auf die Bodennutzung durch den Menschen (vgl. Herrmann 2004).

Das BBodSchG dient außerdem der inhaltlichen Konkretisierung von Bodenschutzaspekten auch in anderen Rechtsbereichen (z.B. BauGB, BNatSchG). So werden in § 1 BNatSchG Schutz, Pflege und Entwicklung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes eingefordert. Durch die Definitionen der einzelnen Bodenfunktionen im § 2 (2) BBodSchG ist damit geklärt, welche Funktionen des Bodens im Naturhaushalt zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln sind. Im Sinne des Gesetzes erfüllt der Boden die in Übersicht 2 genannten Funktionen.



**Übersicht 2:**

Bodenfunktionen und deren Nutzen für die Kommunalplanung

| Bodenfunktionen (Auswahl) nach BBodSchG       | Nutzen für die Kommunalplanung   |
|---|--|
| Lebensgrundlage für Menschen                  | Gesunder Lebensraum / Schadstofffreiheit   |
| ...Tiere, Pflanzen, Bodenorganismen           | Biodiversität, Lebensraumentwicklung, Erholung, Stadtklima, Luftqualität (Staubsenke)                      |
| Bestandteil im Wasser- und Nährstoffkreislauf | Regenwasserversickerung, Hochwasserschutz, Grundwasserschutz, Kühlungsfunktion gegen Innenstadtüberhitzung |
| Filter, Puffer und Transformator              | Gewässerschutz, Luftqualität, Lebensmittelqualität   |
| Archiv der Kultur- und Naturschichte          | Dokument der kulturellen und natürlichen Entwicklung   |
| Standort für Land- und Forstwirtschaft        | Versorgung mit hochwertigen Nahrungsmitteln, Bioenergie, Klima   |
| Fläche für Siedlung und Verkehr               | Bauland  |

Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Funktionen sind teilweise gegenläufig oder schließen sich gegenseitig sogar aus. Die Nutzungsfunktionen führen z.B. weitestgehend zum Ausfall der Regulations- und Regenerationsfunktionen des Bodens im Naturhaushalt. So klar die Bodenfunktionen auf der obersten Ebene bundeseinheitlich definiert und gegliedert sind, so unscharf wird dies auf der Ebene der sog. Teilfunktionen. Ihre nachvollziehbare Ableitung aus den gesetzlichen Vorgaben und die Definition klarer Ziele sind Voraussetzungen für die Methodenentwicklung (vgl. die oben genannten Defizite).

**Abbildung 2:**

Ableitung der für die Zielerfüllung wesentlichen Bodenleistungen. Leitlinien und Unterziele gemäß Leitbildkonzept für die Stadt Osnabrück

| Bodenfunktionsbewertung als Baustein nachhaltiger Stadtentwicklung                                |   |   |   |
|---|---|---|---|
| Leitlinien  | Baustein Boden  | Unterziele  | Aussagen durch Bodenfunktionsbewertung  |
| Ausreichend Wohnbau- und Gewerbeflächen bereitstellen, ohne den Siedlungsflächenanteil zu erhöhen | <b>Generelle Anforderung:</b><br>Keine Inanspruchnahme naturnaher Böden im Außenbereich | Verdichtung im Bestand<br>Flächenrecycling<br>Baulückenschließung | <b>Spezifische Anforderung:</b><br>Erhalt von Böden mit hoher Versickerungsleistung<br><br>Hohe Nachverdichtung<br>= hohe Versiegelung<br>= hohe Abflussraten |
| Umfassen der Freiraumschutz   | Keine Inanspruchnahme naturnaher Böden und hochwertiger urbaner Böden im Innenbereich   | Schutz und Aufwertung der ökologischen Gesamtsituation der Stadt  | Erhalt von Böden mit hoher Funktionserfüllung als Pflanzenstandort<br>Biotopentwicklungspotenzial   |

Quelle: Eigene Darstellung.

Vor dem Hintergrund der mit REFINA verfolgten Ziele sollten im Projekt vor allem Methoden für solche Teilfunktionen entwickelt werden, die als Entscheidungshilfe für ein qualitatives Flächenmanagement von besonderer Bedeutung sind. Für die



Umsetzung der Ziele einer nachhaltigen Stadt- und Umweltplanung wurden die Teilfunktion „Boden als Pflanzenstandort“ und die Funktionen des Bodens mit Bedeutung für den Wasserhaushalt ausgewählt.

Um eindeutige Bewertungen zu ermöglichen, muss die Teilfunktion „Boden als Pflanzenstandort“ weiter untergliedert werden a) in das „Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften“ (Biotopentwicklungspotenzial) und b) in das „Standortpotenzial für Kulturpflanzen“ (natürliche Ertragsfähigkeit).

### 3. Beispiel Lebensraumfunktion Pflanze – Biotopentwicklungspotenzial

Mit Hilfe dieser Bewertung sollen Böden erkannt werden, die aus naturschutzfachlicher Sicht ein besonderes Potenzial für die Entwicklung schutzwürdiger Lebensräume (insbesondere schutzwürdiger Pflanzengesellschaften) im urbanen Raum aufweisen. Folgende Zielvorstellungen liegen dem Biotopentwicklungspotenzial zugrunde:

- *Naturnahe Standorte* werden wegen ihrer Seltenheit im urbanen Raum als wertvolle Pflanzenstandorte angesehen, die die natürlichen Standortbedingungen des (ursprünglichen) Naturraums repräsentieren.
- Auch anthropogen veränderten Standorten, die jedoch einen langen ungestörten Entwicklungszeitraum aufweisen, kommt aufgrund ihrer Seltenheit in dem sich dynamisch verändernden städtischen Umfeld besondere Bedeutung zu. Bestimmte Arten und Lebensgemeinschaften sind auf solche lange vom Menschen nicht direkt beeinflussten *alten* Standorte angewiesen.
- *Standorte mit extremen Bedingungen* bieten einen Lebensraum für spezialisierte Organismen und sind daher häufig Lebensraum gefährdeter Arten.

Zur Bewertung der Böden im Sinne des Biotopentwicklungspotenzials wird häufig eine Verschneidung der Bodenkundlichen Feuchtstufe mit KAKeffWE-Klassen (Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum = potenzielle Nährstoffversorgung) und pH-Bereichen vorgenommen. Ein hohes Biotopentwicklungspotenzial haben Standorte, die besonders feucht oder nass sind, wie Moore, Grundwasserböden und Auenböden (Nassgleye), aber auch besonders trockene Standorte. Insbesondere im urbanen Raum wird das Spektrum extremer Standorteigenschaften durch anthropogene Veränderungen wie das Einbringen technogener Substrate (etwa Bauschutt, Schlacke oder Schotter, hohe Grobboden- und Skelettgehalte, erhöhte pH-Werte, veränderter Wasserhaushalt oder sehr junge Entwicklungsstadien) deutlich erweitert. Für eine Bewertung dieser Standorte müssen also zunächst bodenkundliche Kennwerte (KAK, pH, nFK = pflanzenverfügbares Wasserangebot) für technogene Substrate (Asche, Schlacke, Bauschutt etc.) abgeleitet werden (vgl. ausführlich Höke u.a. 2007 und 2008a, b).

Böden mit entsprechenden vielfältigen technogenen Substratgruppen konnten zu einem großen Teil innerhalb des Testgebiets des Vorhabens in Osnabrück kartiert und ausgewertet werden. Die hier vorhandenen zum Teil massiven anthropogenen Überprägungen stammen aus den Relikten von Kanalarbeiten (Schifffahrt), Arbeitersiedlungen, landwirtschaftlichen Gehöften, Steinindustrie oder dem Steinkohlebergbau.

Abbildung 1a (oberstes Foto in Übersicht 1) zeigt beispielhaft einen Boden mit einem hohen Biotopentwicklungspotenzial (nährstoffarm und stark wechselfeucht,

mit einer hohen Dauerhaftigkeit der extremen Standortbedingungen) aus dem Testgebiet in Osnabrück. Die Lage des Profils ist in Abbildung 4 (1) mit einem roten Punkt markiert.

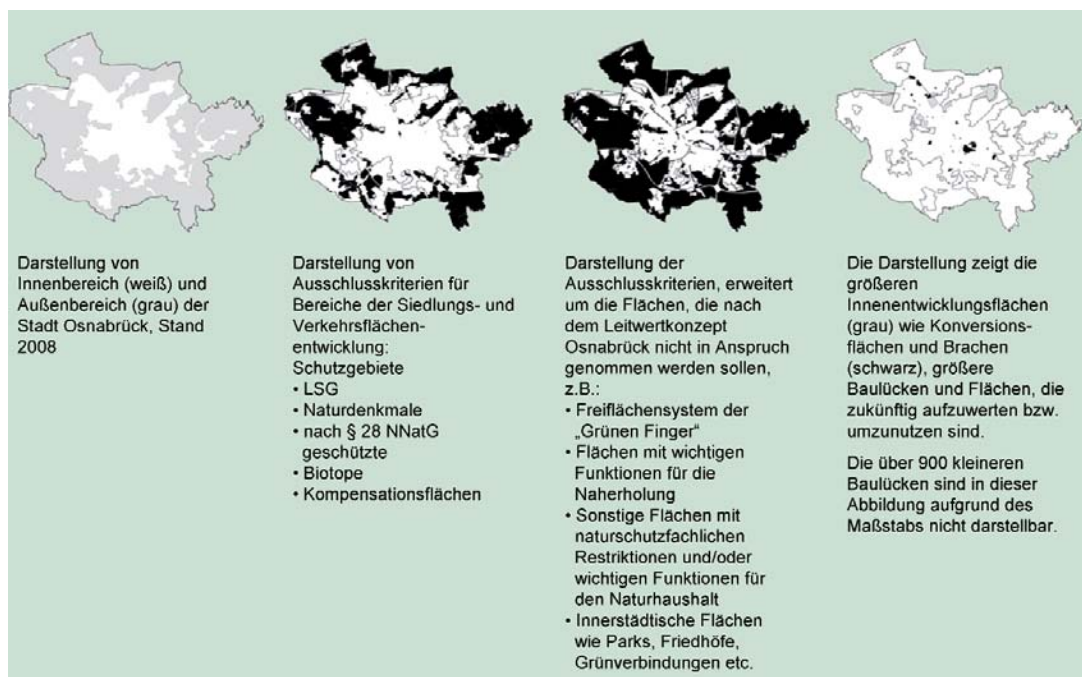
#### 4. Bodenfunktionsbewertung als Bestandteil nachhaltiger Stadtentwicklung

Die beispielhaft im Folgenden betrachtete Stadt Osnabrück verfügt über zahlreiche Leitbilder und Leitlinien mit dem Ziel, eine nachhaltige Stadt- und Umweltplanung zu erreichen (Landschaftsrahmenplan 1992, Flächennutzungsplan 2001, Handlungsprogramm „Herausforderung ‚Demographischer Wandel‘ für die Entwicklung der Stadt Osnabrück“ 2007, Strategiepapier „Stadt ist Zukunft – Strategische Ziele der Stadtentwicklung“ 2008). Diese Leitbilder, Leitlinien und Ziele sind im Rahmen des Projekts zu einem Leitbildkonzept systematisch zusammengefasst worden. Ferner wurden Zielkonzepte weiterer Städte wie Leipzig, Rostock und München herangezogen, um das Leitbildkonzept damit sinnvoll im Sinne eines nachhaltigen Flächenmanagements zu erweitern.

##### Abbildung 3:

Abschichtung nach gesetzlichen Grundlagen und Leitbildkonzept Osnabrück

Quelle: Eigene Darstellung.



Aus dem Leitbildkonzept ergeben sich konkrete Anforderungen an die Aussagen einer urbanen Bodenfunktionsbewertung. So werden z.B. auf der übergeordneten Ebene (FNP) grundsätzlich die naturnahen von den überprägten Böden abgegrenzt. Oberstes Ziel ist der Schutz der Außenbereiche bzw. der dort bisher nicht oder vergleichsweise gering vorbelasteten Böden. Die Innenbereiche sind in der Regel bereits weitgehend durch anthropogen überprägte Böden gekennzeichnet. Durch eine einfache Flächenabschichtung auf der Grundlage des Leitbildkonzeptes lassen sich die Flächen ermitteln, die für eine Innenentwicklung zur Verfü-





gung stehen (siehe Abbildung 3). Denn auch im Innenbereich gibt es Freiflächen, die durch ihre Widmung kaum für eine Nutzungsänderung in Frage kommen (Stadtparks, Grünzüge, Friedhöfe etc.) und daher auch zunächst nicht vorrangig hinsichtlich ihrer Bodenfunktionen untersucht werden müssen. In dem entwickelten Potenzialplan verbleiben die potenziell zu nutzenden Flächen (Brachflächen, Baulücken) zur Innenentwicklung, für die nun – spätestens im Falle einer geplanten Umnutzung – die Bodenfunktionsbewertung umzusetzen ist.

Auf der Ebene der Bebauungsplanung helfen die bewerteten Bodeninformationen dann, die Ziele der nachhaltigen Stadtentwicklung (bzw. des oben genannten Leitbildkonzeptes) räumlich zu konkretisieren.

Abbildung 4 zeigt für eine Osnabrücker Brachfläche die mögliche Bebauung auf Grundlage eines bereits gültigen Bebauungsplanes. Abgebildet sind auch zwei Varianten der Bebauung, die durch geringe Anpassungen des Planungskonzeptes auf der Fläche Bereiche mit extremen Standortbedingungen für Pflanzen sowie einen Bereich mit einer noch hohen Naturnähe des Bodens erhalten würden. Hierfür müsste der im Bebauungsplan vorgeschriebene Grünflächenanteil in diesen Bereichen konzentriert werden, womit die Beeinträchtigungen des Naturhaushalts deutlich geringer ausfallen würden.

**Abbildung 4:**

Integration der Bodenfunktionsbewertung in die Bebauungsplanung

Quelle: Eigene Darstellung.



Erläuterung: Im Plan (1) wird die Bewertung des Biotopentwicklungspotenzials dargestellt. Die hochwertigsten Flächen liegen am nordwestlichen Rand des Plangebietes. Im Plan (2) wird die Eignung zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung bewertet. Weite Teile des Plangebietes sind vorbehaltlich der Unbedenklichkeit der technogenen Substrate dafür geeignet. Die Skizzen (3), (4) und (5) verdeutlichen, wie diese Erkenntnisse in die Planung einfließen können, um wert-

volle Bereiche zu erhalten, gleichzeitig aber einer generellen Entwicklung des Grundstückes nicht im Wege stehen.

## 5. Übertragbarkeit der Methoden

Der Beitrag dieses Projektes zu den REFINA-Zielen des nachhaltigen Flächenmanagements besteht darin, durch die Berücksichtigung der gerade im verdichteten Bereich wichtigen Funktionen des Bodens im Naturhaushalt Standortentscheidungen einer verstärkten Innenentwicklung nachhaltig zu gestalten. Eine Berücksichtigung der natürlichen Bodenfunktionen im Rahmen eines qualitativen Flächenmanagements trägt dazu bei, teure technische Lösungen zur Kompensation von Beeinträchtigungen z.B. des Klima- oder Wasserhaushalts in Städten zu vermeiden.

Durch das gezeigte Vorgehen der Flächenpotenzialermittlung zur Innenentwicklung am Beispiel Osnabrück kann ein hoher Erfassungsaufwand vermieden werden. Der Gesamtumfang der potenziell für eine Innenentwicklung in Betracht kommenden und schrittweise näher zu untersuchenden Flächen beträgt für Osnabrück nur ca. 300 Hektar.

Das Beispiel der Lenkung der Gebäudestellungen in Abhängigkeit von den vorhandenen Bodeninformationen auf der Bebauungsplanebene zeigt zudem, dass es um die Optimierung und nicht um die Verhinderung einer geplanten Nutzung geht.

Hinsichtlich der Bodenfunktionsbewertung strebt dieses Projekt eine Adaption der Methodenbank (MeMaS®) des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS® zur Berücksichtigung anthropogen veränderter Böden an. MeMaS wird in Niedersachsen routinemäßig eingesetzt, um bodenkundliche Auswertungen regelbasiert zu erstellen. Auf der Grundlage von MeMaS lassen sich mit bodenkundlichen Profildaten routinegestützte und landesweit vergleichbare bodenkundliche Bewertungen vornehmen. Dazu soll es eine in MeMaS (Methodenmanagementsystem des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie/LBEG) integrierte automatisierte Funktionsbewertung für anthropogene Böden geben, die auch für einen länderübergreifenden Transfer zur Verfügung steht (MeMaS\_urban). Vorrangig wurden valide Bewertungsansätze für die Bodenfunktionen „Wasserhaushalt“ und „Biotopentwicklungspotenzial“ der Stadtböden entwickelt. Ein Fortschritt durch das Projekt ist vor allem in der regelbasierten (= nachvollziehbaren) und modularen (= fortschreibbaren) Vorgehensweise zur Funktionalisierung anthropogen veränderter Böden zu sehen.

## 6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Vor dem Hintergrund steigender rechtlicher Anforderungen (BBodSchG, BauGB) sowie gesellschaftlicher Forderungen nach nachhaltiger Stadtentwicklung (weiche Standortfaktoren) muss die Informationslücke hinsichtlich Bodenfunktionen und Bodenleistungen geschlossen werden.

Dies leisten Verfahren zur Bodenfunktionsbewertung urbaner Böden. Der Bearbeitungsbedarf zur Integration der speziellen Eigenschaften der Stadtböden in die Bodenfunktionsbewertung gemäß BBodSchG (1998), aber auch weiterer wichtiger Funktionen von Böden in der Stadt wie zum Stadtklima (z.B. Kühlungs-funktion) erwies sich als so erheblich, dass er die Möglichkeiten des Projektes



überstieg (vgl. Übersicht 1). Daher wurden zunächst für prioritäre Bodenfunktionen (Biotopentwicklungspotenziale, Wasserkreislauf) die Kennwerte erweitert und die Methoden überarbeitet. Es besteht jedoch noch weiterer Arbeitsbedarf für die übrigen Bodenfunktionen, bis eine Bewertungsqualität erreicht wird, wie sie für naturnahe Böden bereits teilweise existiert. Die neu entwickelten oder erweiterten Bewertungsmodule können modular in bestehende Systeme eingefügt werden. Darüber hinaus wird in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner LBEG Niedersachsen eine Adaption des bestehenden Methodenmanagementsystems (MeMaS) für Stadtböden erweitert (MeMaS\_urban) und aufgebaut.

Während die gesetzlichen Vorgaben zur Berücksichtigung des Bodenschutzes auch im urbanen Bereich ausreichend vorhanden sind, zeigt sich in der tatsächlichen Berücksichtigung des Bodenschutzes im Rahmen von Abwägungsprozessen ein erhebliches Vollzugsdefizit. Neben der Aufarbeitung bestehender Daten- und Methodendefizite ist vor allem der politische Wille für einen wirksamen Bodenschutz erforderlich. Es sind konkrete kommunale Bodenschutzziele zu formulieren, die in ein verbindliches Umweltqualitätszielkonzept zu integrieren sind. Dies ist die Voraussetzung für die Entwicklung einer wirksamen kommunalen Bodenschutzstrategie, auf deren Grundlage die Bodenschutzziele praktisch im Rahmen der städtebaulichen Planungen umgesetzt werden.

Ebenso sind Vorgehensweisen für ein wirksames Monitoring der bodenschutzbezogenen Umweltqualitätsziele als Bestandteil einer kommunalen Bodenschutzstrategie zu entwickeln. Insgesamt ist ein abgestimmtes aufeinander aufbauendes Vorgehen von der Datengrundlage über die Methoden- und Zielentwicklung bis hin zur Dokumentation der Zielerreichung notwendig.

## Literatur

- Bundesministerium für Umwelt – BMU (1998):* Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodschG (1998). Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung – BMVBS (2006):* Bau-gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 – BauGB (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 21. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3316).
- David, Susanne, und Jürgen Schneider (2008):* Bodenbewertung mit MeMaS\_urban – die Funktion „Wasserhaushalt“, in: Beiträge Diskussionsforum Bodenkunde. Funktionsbewertung urbaner Böden im kommunalen Flächenmanagement, Fachhochschule Osnabrück, Heft 9, S. 69–80.
- Gerdts, Detlef (2009):* Bewertung von Bodenfunktionen in der kommunalen Praxis. Präsentation 3. REFINA-Statusseminar, Berlin.
- Gunreben, Marion, und Jürgen Boess (2008):* Schutzwürdige Böden in Niedersachsen (GeoBerichte 8, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen).
- Herrmann, Nikolaus (2004):* Bodenschutzrecht, in: Blume, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung – Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, 3. Auflage.

- Höke, Silke, Markus Rolf, Hubertus von Dressler und Friedrich Rück (2008): Die Bewertung urbaner Böden als Pflanzenstandort, in: Beiträge Diskussionsforum Bodenwissenschaften. Funktionsbewertung urbaner Böden im kommunalen Flächenmanagement, Fachhochschule Osnabrück, Heft 9, S. 51–68.
- Höke, Silke, Markus Rolf, Hubertus von Dressler, Friedrich Rück und Jürgen Schneider (2007): Bewertung der Funktion Lebensraum für Pflanzen auf anthropogenen Böden ehemaliger Industrie- und Gewerbeflächen für innovative Flächennutzungskonzepte (REFINA-Projekt), in: Mitt. Dtsch. Bodenk. Gesell., Bd. 110, S. 481–482.
- Stadt Osnabrück (2008): Strategische Ziele der Stadtentwicklung. Stadt ist Zukunft.
- Stadt Osnabrück (2007): Herausforderung „Demographischer Wandel“ für die Entwicklung der Stadt Osnabrück 2007 – Bericht.
- Stadt Osnabrück (Hrsg.) (2006): Umweltbericht 2006.
- Stadt Osnabrück, Fachbereich Grün und Umwelt (Hrsg.) (2005): Osnabrück und seine Böden (Umweltberichte 9, bearbeitet von Meuser, Helmut, Lutz Makowsky und Jürgen Meyer).
- Stadt Osnabrück (2002): Flächennutzungsplan 2001 der Stadt Osnabrück. Erläuterungsbericht.
- Stadt Osnabrück (Hrsg.) (1992): Landschaftsrahmenplan der Stadt Osnabrück. 1. Auflage.
- Stasch, Dorothea (2004): Bodenbewertung in Stadtregionen der Alpenraumländer. Literaturstudie. Im Auftrag der Stadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt.

## Weiterführende Informationen

- Höke, Silke, Klaus Thierer, Daniel Jeschke, Markus Rolf und Friedrich Rück (2008): Exkursionsführer Stadtböden – Bodenfunktionen – Planungsprozesse, in: Beiträge Diskussionsforum Bodenwissenschaften. Funktionsbewertung urbaner Böden im kommunalen Flächenmanagement, Fachhochschule Osnabrück, Heft 9, S. 87–133.
- Klink, Adrian, Claudia Lücke, Andreas Völker, Silke Höke und Markus Rolf (2008): Semiautomatische Luftbilddauswertung zur Erfassung von Siedlungs- und Verkehrsflächen als Unterstützung des nachhaltigen Flächenmanagements, in: PFG/Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation, Heft 5, S. 441–451.
- Rolf, Markus, Klaus Thierer, Silke Höke, Hubertus von Dressler und Friedrich Rück (2008): Urbane Bodenfunktionsbewertung als Baustein eines qualitativen Flächenmanagements, in: Beiträge Diskussionsforum Bodenwissenschaften. Funktionsbewertung urbaner Böden im kommunalen Flächenmanagement, Fachhochschule Osnabrück, Heft 9, S. 37–50.
- Rolf, Markus, Klaus Thierer, Silke Höke, Hubertus von Dressler und Friedrich Rück (2008): Value of Young Urban Soils for Urban Biodiversity. Urban Biodiversity & Design. Third Conference of the Competence Network Urban Ecology. International Conference Erfurt, May 2008, Selected Papers in Print.
- Rück, Friedrich, Hubertus von Dressler, Silke Höke, Markus Rolf und Jürgen Schneider (2007): Bodenbewertung und planerische Flächenbewertung als



Beitrag zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und zum nachhaltigen Flächenmanagement (BMBF-Förderinitiative REFINA), in: Mitt. Dtsch. Bodenk. Gesell., Bd. 110, S. 529–530.

## Autorinnen und Autoren



*Friedrich Rück*, Prof. Dr., geb. 1959, Studium der Agrarbiologie, Promotion und Post-Doc am Institut für Bodenkunde der Universität Stuttgart-Hohenheim, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Umweltbundesamt, Berlin, Abteilung Boden (Bodenschutz und Altlasten) sowie im Fachgebiet „Umweltexposition durch Stoffe“ (1996 bis 1999), Leitung des Fachgebietes Übergreifende Angelegenheiten, Bodenökologie, Bodenqualität im Umweltbundesamt sowie Geschäftsführer des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz (2001 bis 2003), seit 1999 Prof. für Bodenkunde mit speziellem Bezug zur Landschaftsarchitektur an der FH Osnabrück, Arbeitsschwerpunkte: Bodenkunde in der Landschaftsarchitektur, Bodenbewertung, Bodenschutz;  
E-Mail: F.Rueck@fh-osnabrueck.de



*Hubertus von Dressler*, Prof., geb. 1958, Studium der Landespflege an der Universität Hannover, Projektleiter in Planungsbüros, seit 2002 Prof. für Landschaftsplanung/Landschaftspflege an der FH Osnabrück, Arbeitsschwerpunkte: überörtliche und örtliche Landschaftsplanung, Integration von Naturschutzziele in eine nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung/landwirtschaftliche Bodennutzung, Perspektiven der Kulturlandschaft, Umweltfolgenabschätzung (Strategische Umweltprüfung SUP, Projekt-UV) und Eingriffsregelung;  
E-Mail: H.von-dressler@fh-osnabrueck.de



*Silke Höke*, Dr., geb. 1966, Studium der Geografie an den Universitäten Göttingen und Köln, Promotion und wissenschaftliche Assistentin in der Angewandten Bodenkunde am Institut für Ökologie der Universität Essen, seit 2006 an der Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Arbeitsschwerpunkte: Stadt- und Industrieböden, bodennahe Stofftransportprozesse, Bodenschutz;  
E-Mail: S.Hoeke@fh-osnabrueck.de



*Susanne David*, Dipl.-Geogr., geb. 1976, Studium der Geografie, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Rahmen von TUSEC IP an der Universität Hohenheim, 2007 bis 2008 am Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Referat Landwirtschaft und Bodenschutz, Landesplanung, Arbeitsschwerpunkte: Stadtböden, Methodenentwicklung, seit 11/2008 beim Ingenieurbüro Mull & Partner, Hannover;  
E-Mail: David@mullundpartner.de



*Jürgen Schneider, Dr.*, geb. 1959, Studium der Geografie, promoviert in Angewandter Bodenkunde, seit 1989 im Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Referat Landwirtschaft und Bodenschutz, Landesplanung, Arbeitsschwerpunkte: Bodenbelastung, Stadtböden;

E-Mail: Juergen.Schneider@lbeg.niedersachsen.de



*Markus Rolf, Dipl.-Ing. (FH)*, geb. 1977, Lehre als Gärtner, Fachrichtung Baumschule, Studium der Landschaftsentwicklung an der FH Osnabrück, seit 2006 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur der Fachhochschule Osnabrück im REFINA-Forschungsvorhaben;

E-Mail: M.Rolf@lks.de



*Klaus Thierer, Dipl.-Ing.*, geb. 1960, Studium der Landespflege an der FH Osnabrück, 1990 bis 1995 Mitarbeit im Büro Schupp & Thiel in Münster, bis 2001 Studium Stadt- und Regionalplanung an der Universität Oldenburg, seit Oktober 1996 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Studiengang Freiraumplanung an der FH Osnabrück, seit 2006 Mitarbeit im REFINA-Forschungsvorhaben;

E-Mail: K.Thierer@fh-osnabrueck.de



## Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von Schadstoffbelastungen in Böden anhand der Bioverfügbarkeit

Konstantin Terytze, Robert Wagner, Kerstin Hund-Rinke, Kerstin Derz, Wolfgang Rotard, Ines Vogel, René Schatten und Rainer Macholz

### **REFINA-Forschungsvorhaben: Bewertung von Schadstoffen im Flächenrecycling und nachhaltigen Flächenmanagement auf der Basis der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit – BioRefine**

**Projektleitung:** Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften, Institut für Geographische Wissenschaften, AG Organische Umweltgeochemie (FU-OrGU)

**Projektpartner:** Wissenschaftliche Kooperation: Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie (Fh-IME); Technische Universität Berlin, Institut für Technischen Umweltschutz, Fachgebiet Umweltchemie; Prof. Dr. Macholz Umweltprojekte GmbH

**Modellraum:** Stadt Jüterbog, Landkreis Teltow-Fläming, Brandenburg; Amt Am Mellensee, Landkreis Teltow-Fläming, Brandenburg; Gemeinde Nuthe-Urstromtal, Landkreis Teltow-Fläming, Brandenburg; Bezirk Friedrichshain-Kreuzberg, Berlin

**Projektlaufzeit:** 01.12.2006 bis 30.11.2009

**Projektwebsite:** [www.geo.fu-berlin.de/biorefine](http://www.geo.fu-berlin.de/biorefine)

## Einleitung

Zum Flächenmanagement und Brachflächenrecycling liegen zahlreiche Arbeitshilfen, Merkblätter, Tools und Softwareanwendungen vor, die jedoch die Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit von Schadstoffen in die Bewertung von Flächen nicht mit einbeziehen und zur Beurteilung kontaminierter Flächen unterschiedlichen Kontaminationsursprungs kaum standortspezifische, realitätsnahe Aussagen zulassen (vgl. ITVA 1998; Gruner u.a. 2003).

In der Vergangenheit wurden häufig Flächenaufbereitungen für jegliche Art der Folgenutzung durchgeführt, die wirtschaftlich nicht vertretbar waren und in Abhängigkeit von der tatsächlich realisierten Folgenutzung nicht notwendig gewesen wären (vgl. Meißner 2005).

Für die Praxis sind Entscheidungshilfen für Planungsvorhaben, die die Entwicklungspotenziale der Brachflächen mit Altlastverdacht aufzeigen, dringend erforderlich. Die Entwicklungsplanungen und Entscheidungen zur Flächennutzung werden in der Regel auf kommunaler Ebene getroffen, so dass die Kommunen und die Akteure auf dem Brachflächenmarkt als Adressaten für einen systematischen Bewertungsansatz zu sehen sind.



## Zielstellung des Verbundvorhabens BioRefine

Ziel des Verbundvorhabens „Bewertung von Schadstoffen im Flächenrecycling und nachhaltigen Flächenmanagement auf der Basis der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit (BioRefine)“ ist es, Bewertungsmethoden und Bewertungsmaßstäbe auf der Basis der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit der Schadstoffe in Böden zu erarbeiten und Einsparpotenziale bei Flächenaufbereitungen aufzuzeigen. Das Verbundvorhaben liefert einen Beitrag zur Kostensenkung durch eine Optimierung der nutzungsbezogenen Sanierung.

Ein wesentlicher Faktor für eine Expositionsabschätzung der Schutzgüter ist das Schließen von Lücken im benötigten (Analyse-)Methodenspektrum zur Beurteilung der tatsächlichen Gefährdung anhand der verfügbaren/bioverfügbaren Schadstoffanteile – ein weiterer Bestandteil des Verbundvorhabens.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden zu einer optimierten Gefährdungsabschätzung herangezogen. Aufbauend auf dieser optimierten Gefährdungsabschätzung für die Modellflächen werden wirtschaftliche Nutzungskonzepte entwickelt.

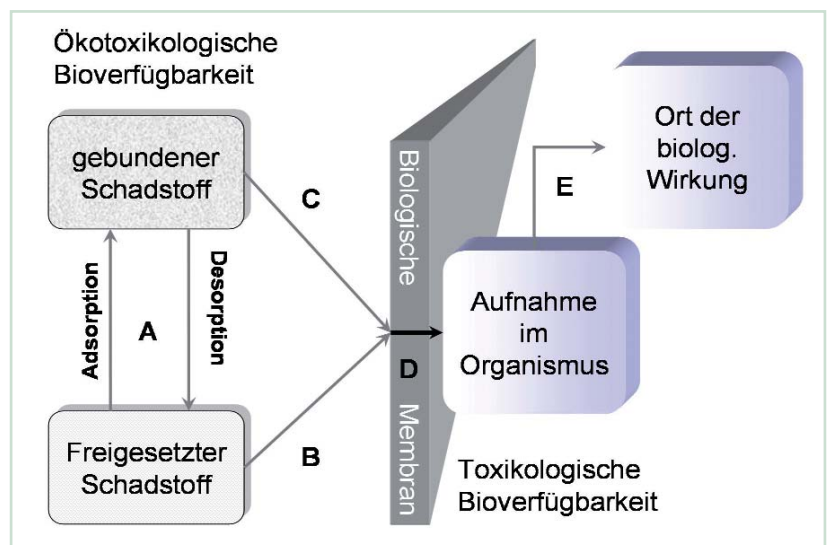
Im Ergebnis des Verbundvorhabens BioRefine wird eine Handlungsanleitung erarbeitet, die basierend auf dessen Erkenntnissen allen Interessierten den fachlichen Hintergrund des Ansatzes der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit nachvollziehbar aufzeigt und wirtschaftliche, verallgemeinerungsfähige Umnutzungen beispielhaft darstellt.

## Bewertungskonzept auf Grundlage der Bioverfügbarkeit von Schadstoffen in Böden

Durch die Wechselwirkungen im Kompartiment Boden führt eine Beurteilung anhand von Gesamtgehalten meist zu einer höheren Risikoeinschätzung hinsichtlich der von kontaminierten Flächen ausgehenden Umweltgefährdung (vgl. Alexander 2000).

### Abbildung 1:

Ökotoxikologische Bioverfügbarkeit in Böden  
(A: Schadstoffinteraktionen zwischen verschiedenen Phasen, B und C: Massentransport zum Organismus, D: Passage durch die physiologische Membran) und toxikologische oder metabolische Bioverfügbarkeit (E: Verteilung im Organismus, Metabolisierung, Akkumulation im Zielorgan, Toxikokinetik und toxische Effekte)



Quelle: In Anlehnung an  
NRC (2002) und  
DIN ISO 17402.



Die Puffer-, Transformations- und Speicherfunktionen von Böden sorgen für eine Bindung von Schadstoffen an die Bodenmatrix und verringern die für eine Wirkung in Organismen verfügbaren Gehalte. Die Interaktion zwischen Schadstoff und biologischem System wird neben der Bodenmatrix und den Stoffeigenschaften in hohem Maße von der Biologie der exponierten Organismen sowie den klimatischen Bedingungen vor Ort beeinflusst.

Die Bioverfügbarkeit von Schadstoffen hängt vom Zielorganismus sowie von Kontaminanten ab und schließt folgende Aspekte ein: Expositionszeit, Transfer der Schadstoffe von Boden in Organismen, Akkumulation der Schadstoffe in Zielorganismen und anschließende Wirkung der Schadstoffe (vgl. Abbildung 1).

Nach Harmsen (2007) besteht der einfachste Ansatz darin, zwischen folgenden Gehalten an Schadstoffen, denen bei der Gesamtbetrachtung der Bioverfügbarkeit eine Bedeutung zukommt, zu unterscheiden:

- Gesamtgehalte oder nichtverfügbare Fraktion,
- potenziell verfügbare Fraktion,
- aktuell verfügbare Fraktion.

Die Mobilisierung von Kontaminanten in der Bodenmatrix hängt im Wesentlichen von folgenden Einflussgrößen ab:

- Löslichkeit des Schadstoffs im Wasser,
- Faktoren, die die Löslichkeit in der Wasserphase beeinflussen (pH-Wert, gelöste organische Substanz [DOM], Feinpartikel, Ionenzusammensetzung),
- Faktoren, die die Adsorption beeinflussen (pH-Wert, Tongehalt, Art und Zusammensetzung der Tonmineralien, Organische Substanz, Mineraliengehalt, Kationenaustauschkapazität),
- Faktoren, die die Diffusion beeinflussen (Porengrößenverteilung, Wassergehalt).

Messtechnisch wird die Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit von Schadstoffen in Böden zum einen durch biologische Tests und zum anderen durch chemische Methoden, die nur den verfügbaren/bioverfügbaren Schadstoffanteil erfassen, charakterisiert. In der DIN ISO 17402 ist der aktuelle Stand der Wissenschaft und Technik zum Einsatz von chemischen Methoden und ökotoxikologischen Prüfverfahren zur Bestimmung der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit in Böden und Bodenmaterial dargelegt. Mit dem in dieser Norm aufgeführten Methodenrepertoire können verschiedene Fraktionen der Kontaminanten erfasst und in Beziehung zu dem jeweiligen Wirkungspfad und der Nutzungsform gesetzt werden. Eine Integration ökotoxikologischer Methoden in die Gefährdungsabschätzung von kontaminierten Böden hat den Vorteil, die Wirkung aller Kontaminanten auf die jeweiligen Schutzgüter integrativ zu erfassen.

## Methodenspektrum zur Untersuchung von Böden in BioRefine

In BioRefine werden weitgehend Methoden eingesetzt, die bereits standardisiert und validiert wurden. Gegenwärtig bestehen Defizite bei der Methodik zur Erfassung der bioverfügbaren Schadstoffanteile hinsichtlich der Hautresorption und zur Methodenstandardisierung bei der Bestimmung potenziell bioabbaubarer Schadstoffanteile. Diese werden im Verbundvorhaben weiterentwickelt und auf den Modellflächen erprobt.

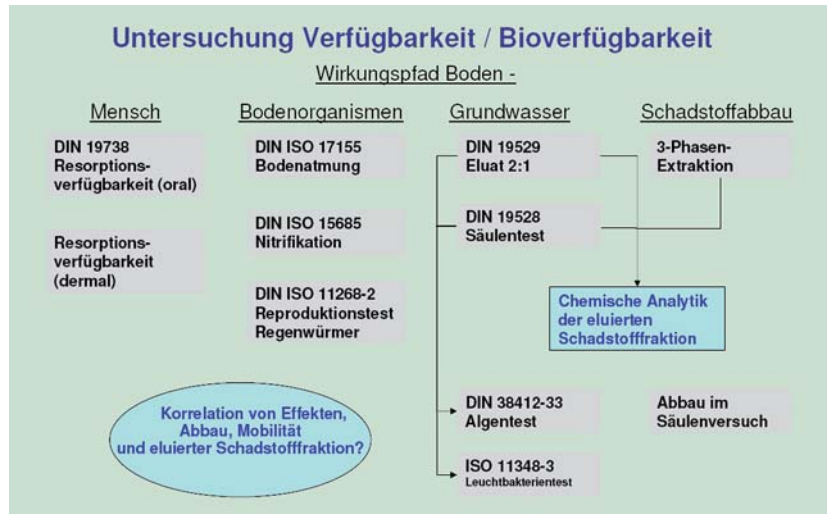
Eine wesentliche verfahrensinnovative Komponente von BioRefine besteht in der Entwicklung und Standardisierung der 3-Phasen-Extraktion. Die 3-Phasen-Extrak-

tion spiegelt den verfügbaren Schadstoffanteil wider. Der Boden wird hierbei mit Wasser und einem Feststoff (Adsorberharze wie XAD und Tenax bzw. Cyclodextrinderivate) extrahiert (3-Phasen). Der Feststoff adsorbiert die sich nachlösenden Schadstoffe, die quantifiziert werden.

Das Methodenspektrum zur Durchführung der Untersuchungen ist der Abbildung 2 zu entnehmen.

### Abbildung 2:

Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit/Verfügbarkeit von Schadstoffen



Quelle: Nestler u.a. (2008).

Um die Wirkung von Schadstoffen in Böden auf Menschen zu untersuchen, wird erstmalig die ingestive (Darm) und perkutane (Haut) Resorptionsverfügbarkeit in die Gefährdungsabschätzung der betrachteten Flächen aufgenommen. Mit den bisher verwendeten Untersuchungsverfahren nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (1999) wurde aufgrund fehlender Daten meist eine 100 Prozent-Resorption angenommen, was zu einer extremen Überschätzung möglicher Gesundheitsrisiken führte und damit aufwändige Sanierungsverfahren vor einer Wiedernutzung der Flächen verlangte.

Zur Ermittlung der Rückhaltefunktion von Böden und zur Betrachtung der möglichen Gefährdung des Grundwassers wurden Bodeneluate in Säulen- und Schüttelversuchen (Perkulations- und Batchtests) hergestellt. Das ökotoxikologische Potenzial wurde mit Hilfe von aquatischen Tests überprüft.

Um Effekte auf Bodenorganismen (Lebensraumfunktion von Böden) zu ermitteln, wurden ökotoxikologische Tests mit Bodenorganismen unterschiedlicher Trophiestufen durchgeführt. Hierbei wurden Ergebnisse zur Bioverfügbarkeit der Schadstoffe in Böden sowie zu deren Wechselwirkungen gewonnen. Um die Verteilung der abbaubaren Schadstoffe auf der jeweiligen Modellfläche zu erfassen, werden potenziell bioabbaubare Schadstoffanteile mit der in BioRefine entwickelten 3-Phasen-Extraktion bestimmt. Eine realistischere Gefährdungseinschätzung mit Hilfe der aufgeführten Testsysteme ermöglicht effektivere und kostengünstigere Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung bzw. Sanierung kontaminierter Flächen.



Stand der Arbeiten

Für die Untersuchungen wurden in Abhängigkeit von Voruntersuchungen folgende Modellflächen ausgewählt: eine innerstädtische Industriebrache, eine ehemals industriell genutzte Fläche sowie zwei früher militärisch genutzte Flächen (vgl. Übersicht 1).

| Modellfläche                                | Ehemalige Nutzung                        | Hauptkontaminanten im Boden                  |
|---|--|--|
| Innerstädtische Industriebrache             | Gaswerk                                  | Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe |
| Ehemals industriell genutzte Fläche         | Teerpappenfabrik                         | Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe |
| Ehemalige Reparatureinheit                  | Panzerreparatureinheit, Tanklager        | Mineralölkohlenwasserstoffe                  |
| Ehemalige militärisch genutzte Liegenschaft | Panzerkaserne, Bauregiment, Handelslager | Mineralölkohlenwasserstoffe                  |

Übersicht 1:  
Kurzcharakteristika der  
Modellflächen

Quelle: FU Berlin.

Abbildungen 3 bis 6 geben einen Einblick in die aktuelle Situation der Modellflächen.



Abbildung 3:  
Hochbehälter, innerstädtische Industriebrache

Quelle: FU Berlin.

Die Modellflächen wurden zunächst entsprechend den Anforderungen der BBodSchV untersucht und bewertet. Es handelt sich vorwiegend um schwachlehige bis reine Sandböden mit einem Humusgehalt von 0,4 bis ca. elf Prozent. Die Hauptkontaminanten sind Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Die Feststoffgehalte liegen in einem Bereich von 20 mg/kg bis 600 mg/kg PAK (Industrieflächen) sowie 2 500 mg/kg und 5 200 mg/kg MKW (ehemalige militärisch genutzte Flächen). Zur Bewertung der Rückhaltefunktion und der Austräge organischer Schadstoffe über den Pfad Boden-Grundwasser wurden die Bodenproben in Säulenversuchen



**Abbildung 4:**

Teerschaden, innerstädtische  
Industriebrache



Quelle: FU Berlin.

**Abbildung 5:**

Pumpenstation, ehemaliges  
Tanklager



Quelle: FU Berlin.

(Perkolationsverfahren) nach DIN 19528 eluiert. Die PAK-Konzentrationen liegen in den Eluaten zwischen 0,7 und 5,9 µg/l. Sowohl im Leuchtbakterientest als auch im Algentest zeigten die Schadstoffe aus den Bodeneluaten keine negativen Wirkungen auf die untersuchten aquatischen Stellvertreterorganismen. Auch in den MKW-belasteten Proben ist eine Mobilisierung durch die Säulenelution kaum nachweisbar.

Um die Bioverfügbarkeit der Schadstoffe im Wirkungspfad Boden-Bodenorganismen zu bewerten, wurde anhand von Organismen unterschiedlicher Trophiestufen geprüft.


**Abbildung 6:**

Schrottplatz, ehemalige militärische Liegenschaft

Quelle: FU Berlin.

Der Regenwurm-Reproduktionstest, der Bodenatmungstest und die mikrobielle Nitrifikation wurden zur Bewertung der Lebensraumfunktion der Böden der Modellflächen eingesetzt. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in der Toxizität der untersuchten Flächen. Im Gegensatz zu den PAK-belasteten Flächen ist bei den MKW-belasteten Flächen eine Einschränkung der Lebensraumfunktion zu verzeichnen. Dabei korreliert das Ausmaß der Toxizität nicht mit den Gesamtschadstoffgehalten, was die Bedeutung einer Bewertung auf Basis der Bioverfügbarkeit unterstreicht.

Im Rahmen der Erprobung der 3-Phasen-Extraktion wurden drei 3-Phasen-Elutionsverfahren (Tenax-Methode, XAD<sup>1</sup>-Methode, Cyclodextrin<sup>2</sup>-Methode) sowie die Persulfat-Oxidationsmethode getestet. Unter den Verfahren, die als Indikator für den von Mikroorganismen prinzipiell abbaubaren Schadstoff-Anteil an verschiedenen Böden, Schadstoffen und zu unterschiedlichen Alterungszeitpunkten näher untersucht wurden, erwies sich eine Extraktion mit Tenax bzw. mit  $\beta$ -Hydroxy-Cyclodextrin als geeignet. Ein Vergleich mit dem aeroben Bodenabbau in Anlehnung an die Richtlinie OECD 307, der noch nicht abgeschlossen ist, wird die jeweiligen Stärken und Einsatzbereiche der beiden letztgenannten Methoden liefern und zu einer Empfehlung führen. Nach dieser Entscheidung werden die Modellflächen entsprechend untersucht.

Für den Belastungspfad Boden-Mensch ist bei der oralen Aufnahme schadstoffkontaminierter Bodenpartikel neben dem Schadstoffgehalt die Schadstoffresorption und damit letztlich die Bioverfügbarkeit dieser Stoffe von ausschlaggebender Bedeutung für eine Gesundheitsgefährdung. Die Simulation der Digestion (Verdauung) mit kontaminiertem Bodenmaterial wurde nach DIN 19738 durchge-



- 1 Tenax und XAD: Polymerische Adsorberharze mit definierter Oberfläche und Porengröße, die den im Wasser gelösten Schadstoffen eine Adsorptionsfläche bieten.
- 2 Cyclodextrin: Zyklische Oligosaccharide mit einer toroidalen Struktur und einem zentralen Hohlraum, die Einschlussverbindungen mit den apolaren Schadstoffmolekülen bilden.

führt. Als Resorptionsverfügbarkeit wird der prozentuale Übergang eines organischen Stoffes von der festen Probe in die wässrige Phase des Testsystems definiert. Bezugsgröße ist der durch erschöpfende Flüssig-flüssig-Extraktion und anschließende Analyse gemessene Gesamtgehalt der Stoffe in der festen Probe. Die Ergebnisse zur Resorptionsverfügbarkeit zeigen für Benzo(a)pyren (BAP) als Leitkomponente für die PAK eine Mobilisierung zwischen 2,7 und zwölf Prozent. Aufgrund ihrer größeren Wasserlöslichkeit und ihres geringeren Sorptionsvermögens lassen sich die MKW mit zehn bis 35 Prozent signifikant leichter mobilisieren als die PAK, wobei hier eine höhere Mobilisierung bei der ehemals militärisch genutzten Fläche gegenüber der ehemals industriell genutzten Fläche zu beobachten ist.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass trotz hoher Schadstoffgehalte im Feststoff diese nur geringfügig mobilisierbar sind und Effekte auf die Testspezies ausbleiben können, da offensichtlich keine oder nur geringe bioverfügbare Anteile vorliegen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurden bereits erste grobe Nutzungsszenarien für die Liegenschaften erarbeitet. So sind ein Zugangsbereich für ein Museumsareal (ehemaliges Tanklager und Panzerreparatureinheit), der Anbau nachwachsender Rohstoffe als Zwischennutzung (ehemals militärisch genutzte Liegenschaft), ein Bauhof mit Grünschnitt-Sammelstelle (ehemalige Teerpappenfabrik) sowie ein Freizeit- und Erholungsareal (ehemaliger Gaswerkstandort) geplant.

Weitere Ergebnisse zur Simulation der dermalen Schadstoffaufnahme sowie zu Schadstoffverlagerung/-abbau/-festlegung/-metabolisierung werden die aufgezeigten Ergebnisse vervollständigen. Nach Abschluss der Untersuchungen wird eine vergleichende Betrachtung der Bewertungen nach den in der BBodSchV vorgeschriebenen Vorgehensweisen im Vergleich zur zusätzlichen Anwendung von BioRefine-Erkenntnissen stattfinden.

Die darauf aufbauende Darstellung möglicher zum Teil innovativer Sanierungs- und Nutzungskonzepte unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kosten-Nutzen-Analyse) mit Einbeziehung von Zwischennutzungskonzepten (z.B. Anbau nachwachsender Rohstoffe) und die Erstellung einer Handlungsanleitung sind Schwerpunkte der letzten Projektphase.

## Rechtliche Rahmenbedingungen

Nach § 3, Absatz 4 der BBodSchV liegen in der Regel auch konkrete Anhaltspunkte vor, die den hinreichenden Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast begründen (§ 9 Abs. 2, Bundes-Bodenschutzgesetz [BBodSchG]), wenn Untersuchungen eine Überschreitung von Prüfwerten der BBodSchV ergeben oder wenn auf Grund einer Bewertung nach § 4 Abs. 3 eine Überschreitung von Prüfwerten zu erwarten ist. Eine Detailuntersuchung ist bei begründetem Verdacht durchzuführen (§ 3, Absatz 4 BBodSchV).

Ziel der Detailuntersuchungen ist es, die in den Standardszenarien der Prüfwertableitung verwendeten Annahmen und Kriterien auf den Einzelfall zu beziehen und gegebenenfalls anzupassen sowie sonstige beurteilungsrelevante Tatsachen festzustellen.

Die tatsächlichen Expositionsbedingungen sind abzuklären, um für den Einzelfall realitätsnähere Annahmen treffen zu können. Unter den im Einzelfall zutreffenden





Expositionsbedingungen lassen sich dann einzelfallbezogene Beurteilungswerte ableiten (vgl. LUA 2000).

Der Zweck einer Einzelfalluntersuchung und -bewertung nach § 9 BBodSchG und BBodSchV wird mit den dort im Anhang 1 genannten Methoden und Verfahren nur annähernd erreicht.

Im Hinblick auf einen effizienteren Vollzug der BBodSchV bei den zuständigen Unteren Bodenschutzbehörden und einer Festsetzung planungsrechtlich zulässiger Nutzungen von Altlastenverdachtsflächen und Altlastenflächen ist es dringend erforderlich, konkretisierende Arbeitshilfen zur Einbeziehung der Bioverfügbarkeit von Schadstoffen für die Entscheidungen im Einzelfall zu schaffen. Rechtliche Grundlage dafür sind die allgemeinen Vorgaben der BBodSchV.

Für entsprechende Arbeitshilfen und Regelungen zum Vollzug des BBodSchG und der BBodSchV gibt es in der Praxis bereits mehrere Beispiele (z.B. in NRW, Merkblatt Nr. 22 des Landesumweltamtes; vgl. LUA 2000). In die Einzelfallprüfung und -entscheidung nach Überschreiten der Prüfwerte können daher alle gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnisse einfließen, die der Feststellung der tatsächlichen Gefährdung durch eine Verdachtsfläche und altlastenverdächtige Fläche dienen.

## Schlussfolgerung und Übertragbarkeit

Der Ansatz der (Bio-)Verfügbarkeit hilft, die relevanten Umstände, insbesondere die konkreten Bedingungen, unter denen vorhandene Schadstoffe freigesetzt werden können, und die realen Gefährdungsmomente für Mensch, Tier und Pflanze sowie Bodenorganismen im Rahmen der Einzelfallentscheidung effektiver einzuschätzen.

Die bis zum jetzigen Zeitpunkt erzielten Ergebnisse zeigen, dass die untersuchten Bodenproben der Modellliegenschaften ein wesentlich geringeres Gefährdungspotenzial aufweisen, als auf Grundlage der Gesamtgehalte der Schadstoffe zu ermitteln ist. Damit sind prinzipiell vielfältigere Nachnutzungen möglich und zum Teil kostenintensive Bodensanierungen nicht erforderlich.

Die *Übertragbarkeit der Ergebnisse* wird durch die Erstellung einer Handlungsanleitung gewährleistet werden. Diese soll den Vollzugsbehörden die Sachverhaltsermittlung erleichtern, insbesondere unter dem Aspekt der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme von unbelasteten Flächen für Siedlung und Verkehr, sowie die Entscheidung über ein Wiederinverkehrbringen belasteter Flächen beschleunigen. Hierbei werden auch die Randbedingungen und Grenzen, unter denen eine Bewertung der Fläche auf der Basis der Bioverfügbarkeit möglich ist, ausführlich dargestellt.

Im Rahmen der geplanten Änderungsverordnung zur BBodSchV ist bereits vorgesehen, die Norm DIN 19738 (2004-07) „Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminiertem Bodenmaterial“ zur Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen aus Böden in Anhang 1 aufzunehmen. Somit wäre ein wichtiges weiteres Werkzeug zur Einbeziehung der Bioverfügbarkeit in Entscheidungsprozessen rechtlich verankert.

## Literatur

- Alexander, Martin (2000): Aging, Bioavailability, and Overestimation of Risk from Environmental Pollutants, in: Environ. Sci. Technol. 34, S. 4259–4265.
- BBodSchG (1999): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. BBodSchG – Bundes-Bodenschutzgesetz. Vom 17. März 1998 (BGBl. I 1998 S. 502; 2001 S. 2331; 09.12.2004 S. 3214), Inkrafttreten zum 1. März 1999.
- BBodSchV (1999): BBodSchV – Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Vom 12. Juli 1999 (BGBl. I 1999 S. 1554).
- DIN ISO 17402, Normentwurf 2007: Bodenbeschaffenheit – Anleitung zur Auswahl und Anwendung von Verfahren für die Bewertung der Bioverfügbarkeit von Kontaminanten im Boden und in Bodenmaterialien.
- DIN 19738 (2004). Ausgabe 2004–07: Bodenbeschaffenheit – Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminiertem Bodenmaterial.
- DIN 19528 (2007): Ausgabe 2007–10: Elution von Feststoffen – Perkulationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen.
- Gruner, Gert, Uwe Kerl und Wilko Werner (2003): Fachinstrumente Flächenrecycling. Kostenermittlung für Flächenaufbereitung – KONUS –. Forschungsbericht (FKZ 200 77 252) im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.
- Harmsen, Joop (2007): Measuring Bioavailability: From Scientific Approach to Standard Methods, in: J. Environ. Qual. 36, S. 1420–1428.
- ITVA/Ingenieurtechnischer Verband Altlasten (1998): Flächenrecycling. Arbeitshilfe – C 5, Berlin.
- LUA/Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2000): Delschen, T., Leisner-Saaber, J., Bertges, W.-D., Eckhoff, U., Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft: Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für die Wirkungspfade Boden – Mensch und Boden – Nutzpflanze, Essen.
- Meißner, Torsten (2005): Kommunaler Leitfaden für ein intelligentes Brachflächenmanagement, Nordhausen.
- Nestler, Angelika, Konstantin Terytze, Robert Wagner, Kerstin Hund-Rinke, Kerstin Derz, Wolfgang Rotard und Rainer Macholz (2008): Bewertung von Schadstoffen im Flächenrecycling und nachhaltigen Flächenmanagement auf der Basis der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit (BioRefine) – Ein Verbundprojekt stellt sich vor, in: Bodenschutz 1–08, S. 17–23.
- NRC/National Research Council (2002): Bioavailability of Contaminants in Soils and Sediments: Processes, Tools, and Applications, Washington, DC.



## Autorinnen und Autoren



*Konstantin Tertytze*, Prof. Dr. mult. Dr. h.c., Freie Universität Berlin, Studium der Biologie und Chemie, Promotion und Habilitation, seit 1991 im UBA, Stellvertreter des Fachgebietsleiters II 2.6 „Maßnahmen des Bodenschutzes“, seit 1996 Honorarprofessor für Geoökologie an der FU Berlin, Schwerpunkte: Bodenökologie, Ökotoxikologie und Umweltchemie, Entwicklung von Extraktions- und Analyseverfahren für Böden und von Bewertungsstrategien durch die Kombination chemischer und ökotoxikologischer Verfahren zum Schutz von Böden;

E-Mail: [terytze@zedat.fu-berlin.de](mailto:terytze@zedat.fu-berlin.de)



*Robert Wagner*, Dipl.-Geogr., Freie Universität Berlin, Studium der Physischen Geographie, Diplomarbeit über Auswirkungen von Baumaterialien auf Bodenmikroorganismen, seit 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der FU Berlin, Schwerpunkte: Bodenökologie und Ökotoxikologie, Bewertung von stofflichen Belastungen auf die Bodenqualität;

E-Mail: [rowagner@zedat.fu-berlin.de](mailto:rowagner@zedat.fu-berlin.de)



*Kerstin Hund-Rinke*, Dr. rer. nat., Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie (Fh-IME), Studium der Biologie, 1988 Promotion, seit 1988 im Bereich Ökotoxikologie des Fh-IME in Schmallenberg, Schwerpunkte: ökotoxikologische Bewertung der Bodenqualität, Risikobewertung von Chemikalien;

E-Mail: [hund-rinke@ime.fraunhofer.de](mailto:hund-rinke@ime.fraunhofer.de)



*Kerstin Derz*, Dr. rer. nat., Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie (Fh-IME), Studium der Biologie, 2005 Promotion über den mikrobiellen Abbau von PAK, seit 2004 im Bereich Ökologische Chemie des Fh-IME in Schmallenberg, Schwerpunkte: Erfassung des Verbleibs von Schadstoffen in der Umwelt, Risikobewertung;

E-Mail: [kerstin.derz@ime.fraunhofer.de](mailto:kerstin.derz@ime.fraunhofer.de)



*Wolfgang Rotard*, Prof. Dr., Technische Universität Berlin, Studium des Chemieingenieurwesens und der Chemie, Promotion 1981, Wissenschaftlicher Assistent bis 1983, 1983–1998 Wissenschaftler und Fachgebietsleiter am Institut für Wasser-, Boden-, Lüfthygiene des BGA bzw. UBA, seit 1998 Universitätsprofessor, Fachgebiet Umweltchemie der TU Berlin;

E-Mail: [wolfgang.rotard@tu-berlin.de](mailto:wolfgang.rotard@tu-berlin.de)



*Ines Vogel*, Dr. agr., Freie Universität Berlin, Studium der Agrarwissenschaften, 1994 Promotion, seit 2009 Freie Mitarbeiterin an der FU Berlin, Schwerpunkte: Bodenchemie, ökotoxikologische Bewertung der Bodenqualität, Agrarökologie;  
E-Mail: vogeline@zedat.fu-berlin.de



*René Schatten*, Dipl.-Geogr., Freie Universität Berlin, Studium der Physischen Geographie, Diplomarbeit über das Freisetzungsverhalten von PAKs in Böden, seit 2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der FU Berlin, Schwerpunkte: Freisetzungsverhalten und Verfügbarkeit von Schadstoffen;  
E-Mail: rene.schatten@fu-berlin.de



*Rainer Macholz*, Prof. Dr., Prof. Dr. Macholz Umweltprojekte GmbH, Studium der Lebensmittelchemie, Promotion, 1985–1990 Professor an der Akademie der Wissenschaften, seit 1990 selbständige gutachterliche Tätigkeit, seit 1996 Geschäftsführender Gesellschafter der Prof. Dr. Macholz Umweltprojekte GmbH;  
E-Mail: rainer.macholz@umweltprojekte.de



# 4

## Integrierende, ganzheitliche Bewertungsmethoden

### 4.1

#### Bewertung von Nutzungsoptionen auf Einzelflächen





# Die städtebauliche Optimierung von Standortentwicklungskonzepten für ökologisch belastete Grundstücke

Ingo Quaas, Kersten Roselt und Thomas Zill

**REFINA-Forschungsvorhaben: optirisk – Die städtebauliche Optimierung von Standortentwicklungskonzepten belasteter Grundstücke auf der Grundlage der Identifizierung und Monetarisierung behebungs-pflichtiger und investitionshehmender Risiken**

**Verbundkoordination:** JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH

**Projektpartner:** Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH;  
Bauhaus-Universität Weimar

**Modellraum:** Jena, Pößneck, Bad Lobenstein (Thüringen)

**Projektwebsite:** [www.optirisk.de](http://www.optirisk.de)

## Einleitung

Inhalt des Vorhabens ist die Optimierung von Entwicklungskonzeptionen für ökologisch belastete Grundstücke. Neben städtebaulichen, technischen sowie juristischen und ökonomischen Belangen werden ökologische und abfallrechtliche Aspekte von vornherein in die Untersuchung integriert. Zielkonflikte und Risiken können so frühzeitig identifiziert und umsetzungsorientiert bewertet werden. Die auf dieser Grundlage entwickelten Integrierten Standortentwicklungskonzeptionen ermöglichen die Optimierung des Investitionsbedarfes mit dem Ziel der Verbesserung der Reaktivierungschancen belasteter Grundstücke.

## 1. Ausgangspunkt

optirisk befasst sich mit ökologisch belasteten Flächen, die seit geraumer Zeit brach liegen, weil sich die im Zusammenhang mit einem Kontaminationsverdacht stehenden Probleme für die beteiligten Akteure als entscheidendes Entwicklungshemmnis herausgestellt haben. Einerseits entfallen potenzielle Nachnutzungen im Zuge des Bekanntwerdens realer Aufbereitungskosten, andererseits führen Altlastenuntersuchungen per se nicht zur Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, ohne dass konkrete Nutzungsoptionen für die mit „Altlastenmakel“ behafteten Flächen bestehen.

Bei der Festlegung von Sanierungszielen hat sich erst in einem langen Prozess die Erkenntnis durchgesetzt, dass eine multifunktionale Wiederherstellung des kontaminierten Bodens als Grundprinzip aus Kostengründen illusionär ist. Mittlerweile hat sich europaweit der Folgenutzungsaspekt (*Functional Approach* bzw. *Source-Pathway-Receptor Concept*) als Grundlage für die Festlegung von Sanierungszielen durchgesetzt. Damit wurde – wie zunächst in Deutschland – das Umwelt mit dem Baurecht insofern gekoppelt, als die Umweltqualitätsziele für einen vormals ökologisch belasteten Standort der allgemeinen planungsrechtlichen bzw. planungsrechtlich zulässigen Nachnutzung entsprechen müssen.

Diese Anpassung der Umweltqualitätsziele an die bauliche Nachnutzung von Standorten ist auf der Ebene der Bauleitplanung seit geraumer Zeit gängige Praxis, hat jedoch in der theoretischen Durchdringung auch international noch nicht zu Weiterentwicklungen geführt, die eine Sanierungsoptimierung in einer der Altlastensituation angepassten architektonischen Objektplanung am konkreten Standort zum Inhalt haben. Die Autoren beobachten in der Praxis, dass die Kontaminationen zumeist nur als Kostenfaktor, nicht als dreidimensionales ökologisches Risiko gesehen werden, welches in der Synopsis mit dem dreidimensionalen (Tief-)Bauprojekt weit reichende Möglichkeiten wirtschaftlicher und bautechnischer Synergien bildet. Die Auflösung dieses Konfliktes ist Inhalt des Projekts optimistisch. Für solche Problemflächen sollen durch das Zusammenwirken bisher getrennt voneinander agierender Akteure aus Städtebau und Altlastenbewertung Lösungen gefunden werden, die eine Rückführung in den Grundstücksverkehr ermöglichen. Dies soll mit der Senkung von Sanierungskosten durch eine Anpassung der konkreten baulichen Nachnutzung an die ökologischen Zwänge mit einer möglichst geringen Kostenbelastung durch Inanspruchnahme- und Investitionsrisiken geschehen (*Integrierte Standortentwicklungskonzepte*). Umsetzbar ist dies beispielsweise dadurch, dass Lage und Zuschnitt von Gebäuden derart geändert werden, dass eine Kostenminimierung zur Beseitigung ökologischer Lasten erfolgt.

## 2. Der integrierende Ansatz für Städtebau und Umwelt als Kern der Problemlösung

Es wurden folgende Modellstandorte ausgewählt, bei denen die Altlastensituation in der Regel das dominierende Entwicklungshemmnis war:

|   |   |
|---|---|
| A | <b>ROTASYM Pößneck</b> (Eigentümer LEG Thüringen): ca. 3,6 ha, klassisches <i>brownfield</i> (Kugellagerfabrik) mit Altlasten, städtebauliches Hemmnis inmitten des umliegend sanierten Stadtzentrums von Pößneck/Thüringen, Durchfluss eines Bachlaufes                                  |
| B | <b>WGT-Standort Forst Jena</b> (Eigentümer LEG Thüringen): ca. 34,1 ha, ehemalige Militärfäche mit Altlasten, späteres Asylbewerberheim Jenaer Forst, beabsichtigter Vollzug einer Flächenrückgabe an den Naturraum (Waldgebiet) als Ausgleichsmaßnahme für den Ausbau der BAB 4 bei Jena |
| C | <b>WGT-Standort Tanklager Jena</b> (zahlreiche, auch ausländische Eigentümer): ca. 1,1 ha, ehemals militärisch genutztes Tanklager inmitten eines Gewerbegebietes, 73 Bodentanks, schwerwiegende Boden- und Grundwasserkontaminationen  |
| D | <b>Weimar-Werk Bad Lobenstein/Thüringen</b> (Eigentümer GESA GmbH): ca. 0,63 ha, Gewerbebrache mit Gebäuden im Stadtgebiet, Kontaminationen mit Schwermetallen und Lösemitteln in Boden und Grundwasser in Zentrumsnähe des Kurortes  |

Der WGT<sup>1</sup>-Standort Forst Jena nimmt im Projekt dadurch eine besondere Position ein, dass er sich als einziger der vier Standorte im Außenbereich befindet. Dadurch waren zusätzlich zur vorhandenen Altlastensituation die Optionen einer städtebaulichen Revitalisierung des Standortes eingeschränkt.



<sup>1</sup> Die sowjetischen bzw. russischen Truppenteile in Deutschland: „Gruppe der Sowjetischen Streitkräfte in Deutschland“ (GSSD) von 1954 bis 1989; „Westgruppe der Truppen“ (WGT) von 1989 bis zum Abzug 1994.



Weitere Entwicklungshemmnisse wie der Zustand der aufragenden Gebäudesubstanz, die Nachfragesituation im Umfeld, die Eigentümerfrage oder der Denkmalschutz spielten eine untergeordnete Rolle, wurden bei den Untersuchungen jedoch mit berücksichtigt.

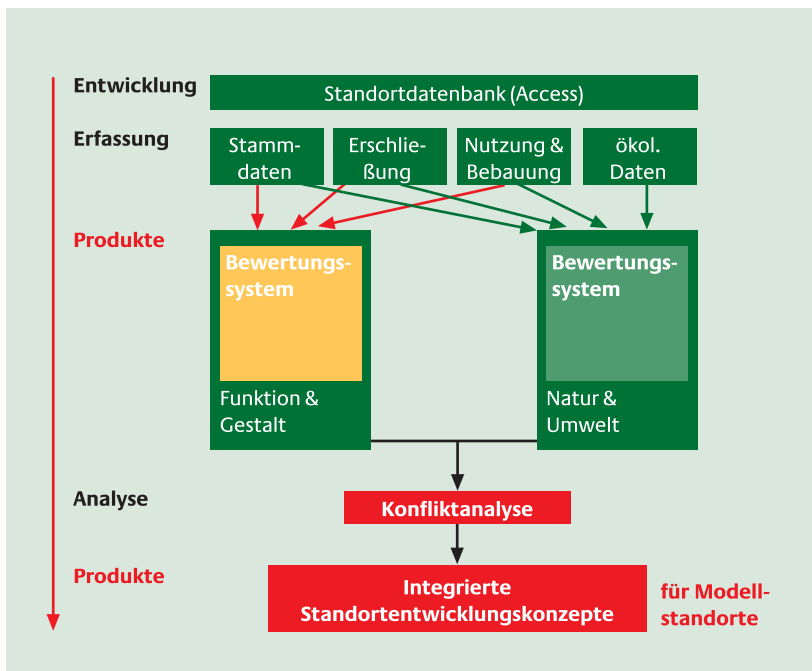
Die im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführte interdisziplinäre Analyse zeichnete sich insbesondere durch die Gleichzeitigkeit der Erfassung und Bewertung funktionaler, gestalterischer und umweltrelevanter Aspekte und deren ständigem Abgleich aus. Neben den Stammdaten, Rahmenbedingungen und Potenzialen der jeweiligen Standorte wurden parallel das Inanspruchnahmrisiko bezüglich vorhandener Kontaminationen ermittelt und eine Kostenprognose auf der Grundlage einer differenzierten Risikoanalyse erstellt. Der Vorteil gegenüber in der Regel zeitversetzten Analysen bestand dabei in der unmittelbaren Rückkopplung städtebaulicher und umweltrelevanter Aspekte im Sinne eines tatsächlich integrierten Ansatzes für Analyse und Konzeption.

Hauptinhalt modellhafter Projektumsetzung war, vier reale Standorte auf der Basis aller verfügbaren, teilweise neu zu erhebenden Daten hinsichtlich der städtebaulichen (*Funktion und Gestalt*) wie auch der ökologischen (*Natur und Umwelt*) Kriterien zu bewerten, Konflikte zwischen diesen Kriteriengruppen herauszuarbeiten und für Integrierte Standortentwicklungskonzepte aufzulösen. Dabei wurden zunächst unabhängig voneinander folgende Schritte durchgeführt:

- Entwurf städtebaulicher Entwicklungskonzepte (je Standort bis zu 20 Stegreifentwürfe) auf der Basis einer standortbezogenen Makro- und Mikroanalyse und einem Ranking der Entwürfe hinsichtlich ihrer städtebaulichen Qualität,
- Identifizierung und Monetarisierung der altlastenbedingten Risiken auf der Basis eines zu entwickelnden risikobasierten Prüfsystems und Darstellung der Ergebnisse in einem Risikoanalysemodell.

**Abbildung 1:**

Schematische Darstellung des inhaltlichen Projektablaufs



Quelle: optirisk-Verbundpartner (2006).

Als Ergebnis dieser Projektphase war festzustellen, dass die entwickelten städtebaulichen Entwicklungskonzepte in der Phase der Umsetzung mit den definierten altlastenbedingten Risiken in Konflikt stehen bzw. diesbezüglich Optimierungsbedarf besteht.

Anschließend wurden auf der Basis einer detaillierten Konfliktanalyse Integrierte Standortentwicklungskonzepte für die Modellstandorte entwickelt, d.h., die umweltrelevanten Risiken wurden direkt in den weiteren städtebaulichen Entwurfsprozess integriert. Die Optimierung der Standortentwicklungskonzeption berücksichtigte dabei sowohl städtebaulich-räumliche als auch umweltrelevante Aspekte in ausgewogenem Verhältnis.

### 3. Zielgruppen

Neben der unmittelbaren Ergebnisverwertung für die Modellstandorte und durch die Verbundpartner werden im Rahmen von Integrierten Standortentwicklungskonzepten Lösungsansätze für die grundsätzliche Hemmnisbeseitigung bei der Revitalisierung von mit *Altlastenmakel* behafteten Grundstücken abgeleitet.

Für die Kommunen kann die Methodik weitergehende Grundlagen schaffen, um ihre hoheitlichen Aufgaben bezüglich der Pflicht für eine geordnete städtebauliche Entwicklung und der durchzuführenden Umweltprüfung zu erfüllen.

Die Ergebnisse sind für Flächeneigner von hoher wirtschaftlicher Relevanz. Gerade für Besitzer umfangreicher Flächen-Portfolios ist die Rückführung von Grundstücken mit ökologischen Risiken in den Grundstücksverkehr von eminenter Bedeutung.

Consulting-Büros bewerten für Flächeneigentümer oder auch Private-Equity-Unternehmen deren Flächen/Standorte hinsichtlich der Inanspruchnahme- und Investitionsrisiken für die Unternehmensbilanzen (*Environmental Due Diligence*).

## 4. Entwickelte Instrumente

### 4.1 Qualitative Bewertung städtebaulicher Entwürfe

Mit dem System zur Bewertung städtebaulicher Entwürfe wurde ein Instrument entwickelt, das unterschiedliche Interessenlagen potenzieller Entscheidungsträger abgleicht. Städtebauliche Entwürfe auch unterschiedlicher Nutzungen können objektiv miteinander verglichen werden, so dass der aus Sicht übergeordneter räumlicher Planungen sowie städtebaulicher Entwicklungskonzeptionen optimale Entwurf bestimmt werden kann. In einer Matrix werden Kriterien aus den Bereichen Stadtbild und Landschaft, Bau- und Raumstrukturen, Konfliktpotenzial und Potenzial Aufwertung/Stabilisierung betrachtet. Weitere Kriterien – zum Beispiel nach BauGB bzw. UVP – sind nicht Gegenstand dieses informellen Planungsinstrumentes. Die Methode zur städtebaulichen Optimierung von Standortentwicklungskonzepten für belastete Grundstücke dient der Vorbereitung förmlicher Planungsverfahren, ohne diesen in allen Belangen vorzugreifen. Anzuwenden ist die Bewertungsmatrix in drei Schritten:

**1. Schritt:** Ausgehend von vorliegenden Plangrundlagen, z.B. dem Flächennutzungsplan, legt die Gemeinde im ersten Schritt die Ziele zu Funktion und Gestalt-



tung ausdrücklich fest. Formal geschieht dies mit Hilfe der nachfolgend dargestellten Bewertungsmatrix, in der 20 standortrelevante Parameter in den vier wesentlichen städtebaulichen Bewertungskategorien folgendermaßen eingeordnet sind:

|   |  |
|---|--|
| <i>Stadt- und Landschaft:</i>               | Stadtsilhouette/Fernwirkung<br>Blickbezüge<br>Topographische Einordnung/Freiraum<br>Raumkanten/Baufluchten<br>Kubatur/Proportionen |
| <i>Bau- und Raumstruktur:</i>               | Art der baulichen Nutzung<br>Maß der baulichen Nutzung<br>Versiegelungsgrad<br>Bauweise<br>Dachform/Firstrichtung                  |
| <i>Konfliktpotenzial:</i>                   | Emissionen<br>Denkmalschutz<br>Natur-/Umweltschutz<br>Nachbarschaftsrecht<br>Stadtklima  |
| <i>Potenzial Aufwertung/Stabilisierung:</i> | Impulswirkung<br>Nachhaltigkeit<br>Image<br>Innovation<br>Baukultur  |

**2. Schritt:** Im Planungsprozess sind die vier Kategorien meist von unterschiedlicher Bedeutung. Aus diesem Grund wurde als zweiter Schritt der Bewertung die standortspezifische Wichtung der Kategorien eingeführt. Bei gleicher Bedeutung haben die vier Kategorien einen Anteil von jeweils 25 Prozent am Gesamtergebnis. Kategorien mit erhöhter Bedeutung können eine über 25 Prozent liegende Wichtung erhalten, die in anderen Kategorien entsprechend abzuziehen ist. Achtung: Die Gesamtsumme von 100 Prozent ist unbedingt einzuhalten!

**3. Schritt:** Im dritten und letzten Schritt werden die städtebaulichen Entwürfe durch die Entscheidungsträger nach folgendem Punktesystem einheitlich bewertet:

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 3 Punkte                   | hohe Qualität im Sinne der festgelegten Parameter:<br>Der Entwurf entspricht hervorragend den Zielen der Stadtentwicklung.            |
| 1 Punkt                    | durchschnittliche Qualität im Sinne der festgelegten Parameter:<br>Der Entwurf entspricht teilweise den Zielen der Stadtentwicklung.  |
| 0 Punkte                   | niedrige Qualität im Sinne der festgelegten Parameter:<br>Der Entwurf entspricht kaum oder gar nicht den Zielen der Stadtentwicklung. |
| nicht relevante Parameter: | Diese Einstufung gilt für alle Entwürfe gleichermaßen.  |

Abbildung 2:

Anwendung der Bewertungsmatrix am Modellstandort Jena-Tanklager, Stegreifentwurf Institut/Forschungseinrichtung  
Quelle: optirisk-Verbundpartner (2009).

Bewertungsmatrix Städtebau

für Kommunen, städtische Wohnungsgesellschaften, Gestaltungsbeiräte, Preisgerichte u.a.

optirisk

| Brachfläche: Jena-Tanklager  | 1. Schritt: Definition der Kriterien/ Entwicklungsziele für die angegebenen Kategorien |                              |                                 | 2. Schritt  | 3. Schritt   |
|--|--|------------------------------|---------------------------------|-------------|--------------|
| Entwurf: Institut / Forschungseinrichtung                                      | 3 Punkte (ausgezeichnet)   | 1 Punkt (durchschnittlich)   | 0 Punkte (negativ/unzureichend) | Wichtung    | Punktvergabe |
| <b>Kategorie Stadtbild und Landschaft</b>                                      |  |                              |                                 |             |              |
| Stadtsilhouette / Fernwirkung  | unbeeinflusst  | gering beeinflusst           | Merkzeichen                     | 25 %        | 0            |
| Blickbezüge  |  |                              | trifft nicht zu                 |             | —            |
| topographische Einordnung / Freiraumqualität                                   | hoch   | durchschnittlich             | niedrig                         |             | 3            |
| Bezug auf Raumkanten und Baufluchten   |  |                              | unwichtig                       |             | —            |
| Kubatur / Proportionen   | angepasst  | teilweise angepasst          | eigener Maßstab                 |             | 0            |
| <b>Kategorie Bau- und Raumstruktur</b>   |  |                              |                                 |             |              |
| Art der baulichen Nutzung / Nutzung  | Gewerbe  | zulässige Nutzung            | Zulässigkeit eingeschränkt      | 25 %        | 1            |
| Maß der baulichen Nutzung  | hohe Ausnutzung  | durchschnittliche Ausnutzung | geringe Ausnutzung              |             | 3            |
| Verriegelungsanteil  | gering   | durchschnittlich             | hoch                            |             | 1            |
| Bauweise   | offen  | Mischform                    | abweichend                      |             | 0            |
| Dachform und Firstrichtung   |  |                              | trifft nicht zu                 |             | —            |
| <b>Kategorie Konfliktpotenzial</b>   |  |                              |                                 |             |              |
| Emissionen   | keine  | gering                       | bedeutend                       | 25 %        | 3            |
| Denkmalschutz  |  |                              | trifft nicht zu                 |             | —            |
| Naturschutz / Umweltschutz   | hohe Aufwertung  | teilweise Aufwertung         | Beeinträchtigung                |             | 1            |
| Nachbarschaftsrecht  | nicht betroffen  | wenig betroffen              | betroffen                       |             | 0            |
| Stadtklima   |  |                              | trifft nicht zu                 |             | —            |
| <b>Kategorie Potenzial Aufwertung/Stabilisierung</b>                           |  |                              |                                 |             |              |
| Impulswirkung  | ja, gebietskonform   | ja                           | nein                            | 25 %        | 1            |
| Nachhaltigkeit   | langfristig  | mittelfristig                | kurzfristig                     |             | 3            |
| Image  | Imagegewinn  | neutral                      | negativ                         |             | 1            |
| Innovation   |  |                              | trifft nicht zu                 |             | —            |
| Baukultur  | positiv  | neutral                      | negativ                         | Summe 100 % | 3            |
| <b>Ergebnis: Der städtebauliche Entwurf erreichte eine Gesamtpunktzahl von</b> |  |                              |                                 |             | <b>500</b>   |
| maximal mögliche Punktzahl:  |  |                              |                                 |             | 1.050        |

Erläuterungen: Die Bewertungsmatrix Städtebau ist ein Instrument zum Herstellen der Vergleichbarkeit und zur Bewertung städtebaulicher Konzepte. Die Anwendung geschieht in 3 Bearbeitungsschritten: Im 1. Schritt werden durch den Anwender die Kriterien / Entwicklungsziele für die angegebenen Kategorien definiert. Dabei gilt: den Zielen entsprechend und in hoher Qualität (3 Punkte), durchschnittlich / nicht verbessernd, aber auch nicht verschlechternd wirksam (1 Punkt), entgegen den Zielsetzungen oder negative Wirkung (0 Punkte) und unzureichend (-). Im 2. Schritt werden die 4 Kategorien hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Standortentwicklung gewichtet. Dabei gilt: Die Summe der 4 Kategorien muss immer 100% ergeben. Im 3. Schritt wird der städtebauliche Entwurf auf Erfüllung der festgesetzten Kriterien überprüft und bewertet. Bei mehreren Entwürfen wird der mit der höchsten erreichten Gesamtpunktzahl als Vorzugsvariante empfohlen.





Bei einem Vergleich nach Abschluss der Bewertung kann der Entwurf mit der höchsten Bewertung als Leitbild für die künftige Entwicklung an diesem Standort und als Vorzugsvariante ausgewählt werden.

In Abhängigkeit von der möglichen Gesamtpunktzahl ist am Bewertungsergebnis ablesbar, ob der städtebauliche Entwurf grundsätzlich den Zielen der Stadtentwicklung an diesem Standort entspricht.

Bei dem unter Abbildung 2 dargestellten Beispiel wurden fünf Parameter als nicht zutreffend eingestuft. Da jeder der Parameter einen Punktwert entsprechend der Wichtung seiner Kategorie aufweist – im dargestellten Beispiel jeweils 25 Punkte –, ergibt sich eine Höhe von 350 Bewertungspunkten für einen Entwurf mit durchschnittlicher Qualität für die Stadtentwicklung. Maximal erzielbar sind bei dieser Variante 1 050 Punkte.

Generell orientieren sich die Bewertungskriterien an den Grundsätzen des Baugesetzbuches (BauGB) und der Baunutzungsverordnung (BauNVO). Die Kriterien Raumkanten, Baufluchten, Kubatur und Proportionen verweisen z.B. auf eine Einordnung in die umgebende Bebauung im Sinne des § 34 BauGB. In gleicher Weise zielen die Kriterien Art und Maß der baulichen Nutzung auf die vorhandene Prägung der Bau- und Nutzungsstruktur der angrenzenden Baugebiete hinsichtlich der Einfügung des geplanten Vorhabens.

## 4.2 Identifizierung und Monetarisierung ökologischer Risiken

Das Projekt befasst sich nicht mit der Monetarisierung im Sinne einer weiteren Berechnungsmethodik für Sanierungskosten. Hier zeigen sich auch ganz deutliche Ergebnisunterschiede bei Kalkulationen durch markterfahrene Ingenieure und bei mehr theoretisch behafteten Ansätzen.

Bislang wesentlicher Schwachpunkt bei der Monetarisierung ist die Festlegung des Sanierungszieles, welches neben der Gefahrenbeseitigung dem Kriterium der Verhältnismäßigkeit zu entsprechen hat. Mit der hier entwickelten Methode wird die Verhältnismäßigkeit eines Sanierungszieles definiert. Ist ein solches verhältnismäßiges Sanierungsziel abgeleitet, ist die Ermittlung der zugehörigen Kosten Stand der Technik in der Praxis.

Die genannten Unwägbarkeiten aus unbekannten oder unkalkulierbaren Kosten, die sich aus ökologischen Sachverhalten ableiten lassen, sind dem Inanspruchnahmerisiko (behördliche Verfügungen auf der Grundlage von Gesetzen, auch *Haftungsrisiko* genannt) und dem Investitionsrisiko (investitionsbedingter Umgang mit belasteten Böden, Bausubstanz und Grundwasser) zuzuordnen.

Mit der Methode zur *Identifizierung und Monetarisierung ökologischer Risiken auf urbanen Standorten mit dem Prüf- und Entscheidungssystem MESOTES* (altgriech. Maß halten, verhältnismäßig) werden standortbezogene Umweltqualitätsziele nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit definiert. Ein wesentlicher Kernpunkt der Methodik ist die Prüfung der Relevanz und des Beeinträchtigungsgrades von Bodenfunktionen sowie von Grund- und Oberflächenwasser.

Das System basiert auf der Kombination der beiden für das Altlastenrisiko maßgeblichsten (prioritären) Risikofaktoren *Betroffenheit* und *Sensibilität/Vulnerabilität* und deren vierstufiger Graduierung. Die beiden prioritären Risikofaktoren spannen die maßgeblichste Risikoebene auf, die sich grafisch als Prüfungs- bzw. Entscheidungsmatrix für die Ableitung von Sanierungsmaßnahmen darstellen lässt.

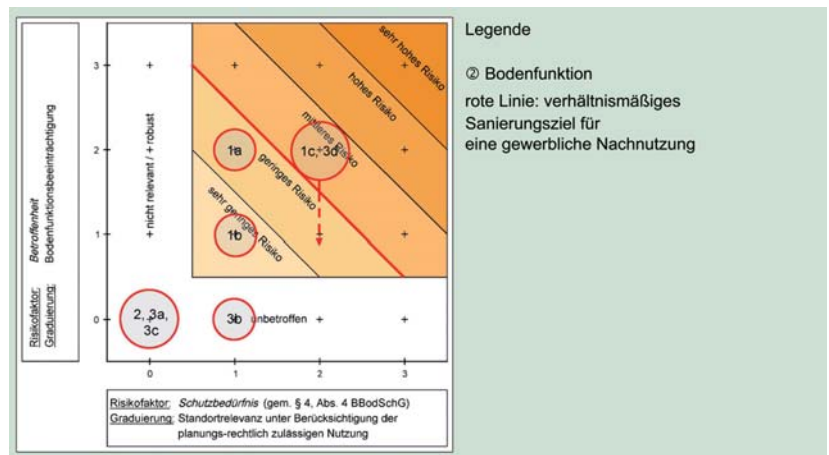
Mit dieser Matrix wird das Altlastenrisiko in sechs Risikoklassen zerlegt, die im Schema diagonal angeordnete Dominanzfelder bilden (vgl. Abbildung 3). Die kompartimentsbezogenen standortspezifischen Sensibilitäts-/Vulnerabilitätsgrade und die jeweiligen schutzgutspezifischen Betroffenheitsgrade werden für die boden- und gewässerschutzbezogenen Aspekte im Projekt detailliert erläutert. Bodenschutzbezogene Schutzgüter sind die standortrelevanten Bodenfunktionen (BBodSchG), deren Betroffenheit und Sensibilität/Vulnerabilität für jeden zu bewertenden Standort zu definieren und zu graduieren sind. Dies erfolgt nach aufgestellten Kriterien.

Die Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen ist von der Position des Sanierungsobjekts im dargestellten Schema abhängig. Verhältnismäßig ist es in der Regel immer, akute Gefahren („sehr hohes Risiko“) zu beheben sowie hohe und auch mittlere Risiken zu mindern. Unverhältnismäßig ist es, Veränderungen innerhalb des Niedrig-Risiko-Bereichs vorzunehmen. Aus diesen Ableitungen ergibt sich als allgemeines Sanierungsziel für die hier in Rede stehenden urbanen Standorte die Erreichung eines geringen Risikos für gewerbliche und eines sehr geringen Risikos für Wohn-Nachnutzungen.

Ergebnis der Algorithmenanwendung für das Haftungsrisiko sind abgeleitete erforderliche und verhältnismäßige Maßnahmen zur Erreichung des mindest hinnehmbaren Zustandes für die jeweils planungsrechtlich zulässige Nachnutzung (Sollzustand mit hinnehmbarem Restrisiko) an mehreren Modellstandorten. Damit kann für den jeweiligen Standort definiert werden, was aus umweltschutzfachlichen Gründen getan werden muss, um Gefahren zu beseitigen und dabei die Verhältnismäßigkeit zu wahren. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis am Beispiel der Bodenfunktionen an einem konkreten Modellstandort. Für die hier beabsichtigte gewerbliche Nachnutzung wird die Erreichung eines Zustandes der Klasse „geringes Risiko“ als verhältnismäßiges Sanierungsziel eingestuft, für eine Nachnutzung als Wohngebiet wäre ein sehr geringes Risiko zu erreichen. Konkret bedeutet dies für den Modellstandort, dass der Zustand der Bodenfunktionen 1c und 3d um eine Risikoklasse verbessert werden muss, um dem Umweltanspruch der Nachnutzung und dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz gerecht zu werden.

### Abbildung 3:

Synopsis der Einstufung der acht Bodenfunktionen (BBodSchG) und Ableitung eines Sanierungszieles (=Verringerung des Betroffenheitsgrades) für den Modellstandort D im Projekt optirisk



Quelle: optirisk-Verbundpartner (2009).

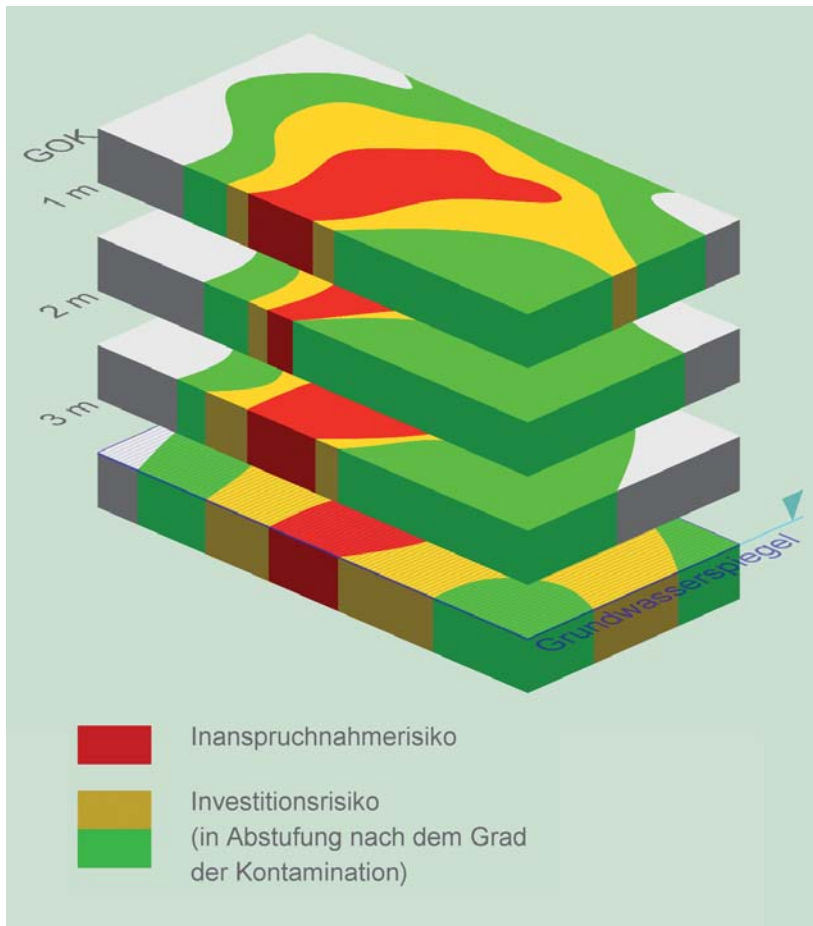
Unter dem weiteren zu berücksichtigenden Faktor, dem Investitionsrisiko, werden die Kosten verstanden, die sich über ein Inanspruchnahmerrisiko hinaus aus



Umweltschutzverpflichtungen im Zusammenhang mit künftigen Nutzungen ergeben. Einfachstes Beispiel ist der so genannte *kontaminationsbedingte Mehraufwand*, der sich aus abfallrechtlichen Verpflichtungen – nicht aus gefahrenrelevanten Tatbeständen – ergibt. Somit ist das Investitionsrisiko auf die ökologischen Kosten-Auswirkungen standortspezifischer realer Investitionsabsichten ausgerichtet. Im Ergebnis der Erfahrungen der Autoren stellen Investitionsrisiken der Höhe nach oft weitaus größere Risiken als jene der Inanspruchnahme dar.

Anliegen von optirisk ist jedoch, aus der Kenntnis der Inanspruchnahme- und Investitionsrisiken heraus das städtebauliche Konzept derart zu optimieren, dass die Kosten für die Beseitigung derselben möglichst gering gehalten werden, ohne dass dabei der bauliche Entwurf derart verzerrt wird, dass er seine funktionale und ästhetische Funktion verliert.

Zur Verdeutlichung der umweltrelevanten Sachverhalte werden Risikoprognosemodelle entwickelt. Mit 3-dimensionalen Darstellungen bzw. Profil- und Kartenkonstruktionen werden alle bis zu diesem Zeitpunkt bekannten Standortsituationen dargestellt, aus denen Haftungs- und Investitionsrisiken abzuleiten sind. Sie werden stichtagsbezogen erarbeitet. Aus ihnen sind die monetären Aufwendungen aus ökologischen Gründen zur planungsrechtlich zulässigen Entwicklung und Nachnutzung eines Grundstückes ableitbar.



**Abbildung 4:**

Schematische Darstellung eines Risikoprognosemodells

Es finden alle bewertungsrelevanten, organoleptisch feststellbaren und technisch-analytisch belegten Ergebnisse Eingang. In der Karte erfolgt die Zuordnung dieser Ergebnisse zu Verpflichtungstypen und Belastungskategorien.

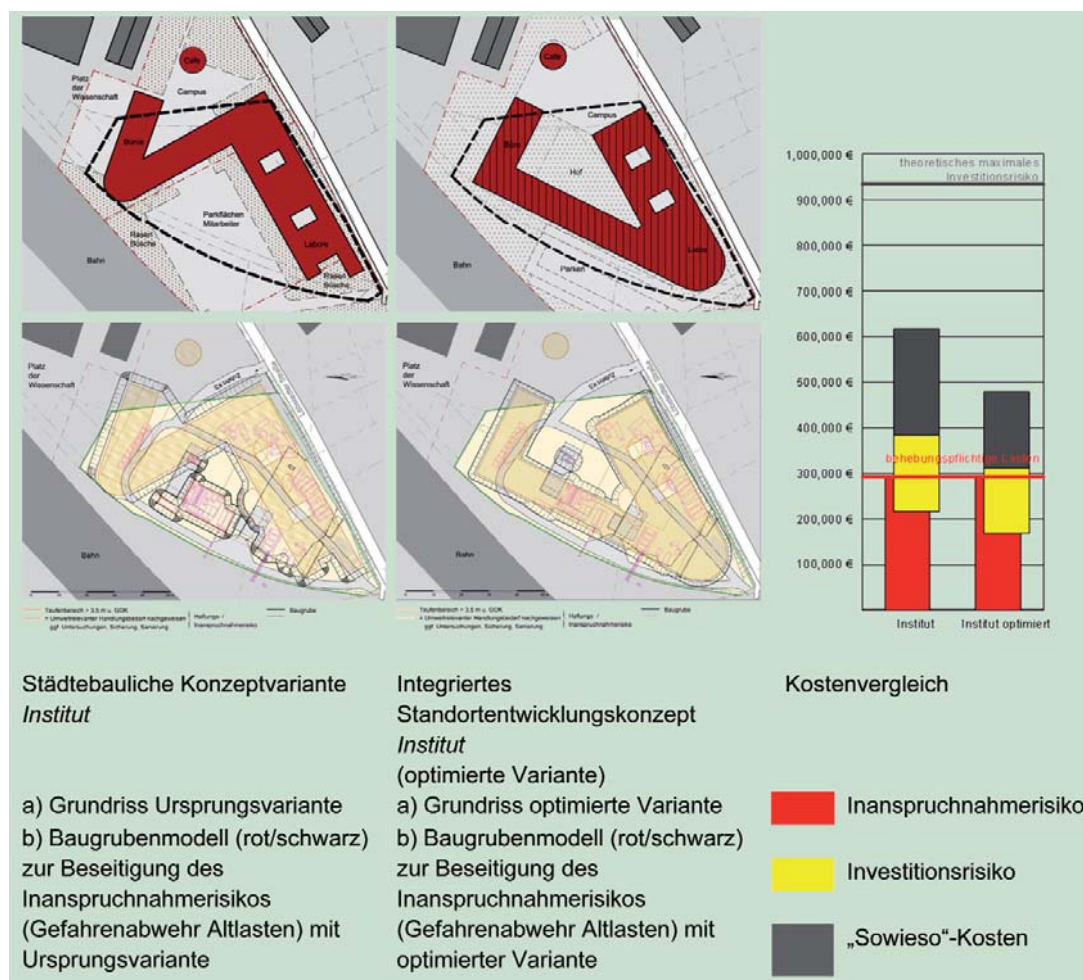
## 5. Umsetzung

### Abbildung 5:

Optimierung der städtebaulichen Variante Institut am Beispiel des Modellstandorts C

Quelle: optirisk-Verbundpartner (2006).

Anhand der räumlichen Verbreitung der in den Scheiben dargestellten Risiken und der damit verbundenen Kosten für ihre Behebung können im GIS<sup>2</sup> kostenoptimierte Gebäudestandorte und Gründungstiefen ermittelt werden. Städtebauliche Entwürfe können somit für den Standort nicht nur hinsichtlich der Kosten für die Beseitigung ökologischer Lasten bewertet, sondern auch derart optimiert werden, dass die Kosten für die Behandlung umweltrelevanter Sachverhalte deutlich sinken.





Als wirksame Kostenfaktoren erwiesen sich dabei:

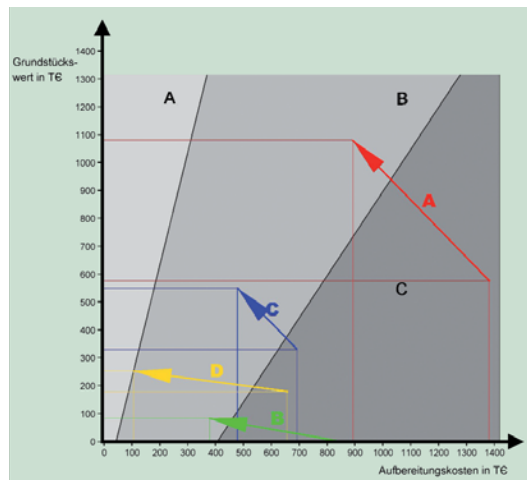
- Ausnutzung von Bodensanierungs-Baugruben für Unterkellerungen, Geothermie-Anlagen oder Wärmespeicher,
- Vermeidung tieferer Eingriffe in den Boden im Bereich verbreiteter Investitionsrisiken,
- Wiedereinbau gering belasteten Bodenaushubs und Recyclingmaterials,
- Durchführung der Sanierung und der Neuinvestition „in einem Zuge“.

## 6. Wesentliche Projektergebnisse

Kostenbelastungen, die durch die Beseitigung des Inanspruchnahmerrisikos entstanden sind, können durch Optimierungen des städtebaulichen Konzeptes teilweise wieder aufgehoben werden. Dies erfordert jedoch eine Einbeziehung der Altlastenproblematik in die Frühphase der städtebaulichen Abwägungs- und Planungsprozesse. Die auf dieser Basis entwickelten Integrierten Standortentwicklungskonzeptionen ermöglichen eine Optimierung des Investitionsbedarfes mit dem Ergebnis, dass sich die Reaktivierungschancen ökologisch belasteter Grundstücke verbessern.

Optimierungs- bzw. Einsparpotenziale sind bei den städtebaulich anspruchsvolleren Entwicklungskonzepten am größten, die auch mit den umfänglichsten Eingriffen in den Boden verbunden sind. Grenzen werden dem Optimierungsanliegen durch die Sanierungspflicht bei umweltrelevanten Gefahrentatbeständen (Haftungs- oder Inanspruchnahmerrisiko) sowie den Umstand gesetzt, dass eine Flächenneuentwicklung nicht nur nach rein ökonomischen und funktionalen, sondern auch nach ästhetischen Gesichtspunkten erfolgt. Weiteres Ergebnis der aufgezeigten Methode ist die erreichte Transparenz hinsichtlich der standortspezifischen umweltrelevanten Sachverhalte, die bei den beteiligten Akteuren oft zu einer Relativierung des vermeintlichen *Altlastenmakels* führt.

Für die vier im Projekt optirisk untersuchten Modellstandorte gelang es, den Kostenanteil, der zur Herrichtung für die jeweiligen Investitionsprojekte erforderlich ist, um 31 bis 84 Prozent, in Einzelfällen zumindest um mehrere 100 Tausend Euro, zu senken.



**Abbildung 6:**

Aufwertung der Modellstandorte (A – D, farbig) durch die Integrierten Standortentwicklungskonzepte. Die Pfeile zeigen die Optimierung von der ursprünglichen städtebaulichen Vorzugsvariante zum Integrierten Standortentwicklungskonzept an

Quelle: optirisk-Verbundpartner (2008).

Die Modellkommunen haben durch die intensive Untersuchung der Brachflächen mit dem optirisk-Verfahren mehrere Vorteile:

1. Die entstehende Kostensicherheit durch Feststellung der Altlastensituation sowie die Optimierung der Revitalisierungskosten bei unterschiedlichen Nutzungsszenarien versetzt die Modellkommunen in die Lage, eine Entwicklung auf der Grundlage belastbarer Aussagen vornehmen zu können.
2. Die in der Öffentlichkeit wahrgenommene Untersuchung der Standorte beseitigt den Altlastenmakel und das Vorurteil der Wertlosigkeit der Grundstücke.
3. Die Erarbeitung einer Vielzahl von Stegreifentwürfen unterschiedlicher Inhalte bringt eine Vielfalt an Nachnutzungsszenarien hervor, regt Diskussionen an und verdeutlicht die überraschende Leistungsfähigkeit der Brachflächen.
4. Unternehmerisches Denken, sowohl bei den Beteiligten der Gemeinden als auch bei Privatpersonen, wird dadurch befördert.
5. Infolge der interdisziplinären Untersuchung werden die Modellkommunen fachbereichsübergreifend in die Entwicklung der Brachflächen eingebunden und sind dadurch mit bedeutend geringerem Zeitaufwand konsens- und entscheidungsfähig.
6. Die Modellkommunen können nach Vorlage der Ergebnisse der städtebaulichen und der Altlasten-Untersuchungen ihre Entwicklungsstrategie für die Brachfläche sowie die umliegenden Liegenschaften optimieren.

Mobilisierungshemmnisse sind bei den untersuchten Brachflächen auf vielen Ebenen festzustellen. Neben den Kostenunsicherheiten infolge der unbekannten Altlastensituation und dem daraus erwachsenden Gefahrenabwehrrisiko ist es vor allem der Altlastenmakel, der wertmindernd wirkt und nur durch die Einbindung der Öffentlichkeit und intensive Kommunikation unter den Projektbeteiligten aufgehoben werden kann. Das allgemeine Unwissen über die Leistungsfähigkeit der Brachfläche fördert zusätzlich bereits entstandene Vorurteile und verhindert die Wiedereingliederung der Brache in den Flächenkreislauf.

Da diese Mobilisierungshemmnisse bei Anwendung des optirisk-Verfahrens beseitigt werden, ist die Kommune nach Abschluss des Verfahrens in der Lage, die Brachfläche auf dem Markt zur Nutzung anzubieten.

Praktische Anwendung des optirisk-Verfahrens in den Modellkommunen:

|   |  |
|---|--|
| A | <b>ROTASYM Pößneck:</b> Beim mittlerweile fertig gestellten Vorhaben am Modellstandort ROTASYM in Pößneck wurde das Prinzip umgesetzt, recycelte Bauschuttmassen aus der Altbaubsubstanz vor Ort einzubauen.   |
| B | <b>WGT-Standort Forst Jena:</b> Hier konnten große Teile des Konzeptes der Optimierungsvariante bei der Renaturierung des Standortes umgesetzt werden. Unbelastetes Recyclingmaterial der abgerissenen Gebäude und Erschließungsanlagen konnte in großem Umfang zum Landschaftsbau (Aussichtshügel) im Außenbereich verwendet werden. Das Gebäude einer Pumpstation und ein Rudiment des ehemaligen Hauptgebäudes sind als Überwinterungs- und Koloniebildungshilfe für Fledermäuse erhalten worden.   |
| C | <b>WGT-Standort Tanklager Jena:</b> Die Ergebnisse für den Standort C erfahren voraussichtlich keine Umsetzung; die Stadt verfolgt hier ein anderes Interesse. Einzelne Ansätze aus optirisk können dennoch zur Kostenoptimierung für die beabsichtigte Nutzung als Wertstoffhof mitgenutzt werden.  |
| D | <b>Weimar-Werk Bad Lobenstein/Thüringen:</b> In Bad Lobenstein folgt die Stadt den Empfehlungen aus dem Projekt und weist entsprechend der Vorzugsvariante Grundstücke zum Neubau von Einfamilienwohnhäusern an der Heinrich-Behr-Straße aus. Die Realisierungschancen sind gut, da seit Bekanntwerden der Vermarktungsabsichten vermehrt Anfragen zu den Grundstücken eingehen. Die vorhandenen Bestandsgebäude zur Poststraße sollen erhalten werden und stehen für eine gewerbliche Nutzung entsprechend der Vorzugsvariante zur Verfügung. |





Durch die Verbundpartner wird die entwickelte Methodik außerhalb des Forschungsvorhabens ebenfalls praktisch angewendet. Zum Beispiel wurde in Zella-Mehlis die Berücksichtigung umweltrelevanter Risiken ausdrücklich zum Gegenstand eines städtebaulichen Realisierungswettbewerbs mit architektonischem Ideenteil gemacht. Die Wettbewerbsteilnehmer waren aufgefordert, sich intensiv mit den auf einer zur Revitalisierung vorgesehenen Gewerbebrache vorhandenen Kontaminationen auseinanderzusetzen und eine städtebaulich attraktive Lösung bei geringstmöglichem Eingriff in belastete Böden und Gebäude zu finden. Vertreter von JENA-GEOS® waren als Sachverständige an der Bewertung beteiligt und haben die eingereichten Entwürfe gemeinsam mit den Fach- und Sachpreisrichtern hinsichtlich städtebaulicher, architektonischer, landschaftlicher und umweltrelevanter Aspekte beurteilt.

Im Ergebnis des Wettbewerbs konnte die Jury der Stadt Zella-Mehlis einen Entwurf und ein Team aus Architekten, Stadtplanern und Landschaftsarchitekten zur Bearbeitung des Bebauungsplanes bzw. weiteren Begleitung der Umsetzung empfehlen. Dabei hat sich gezeigt, wie bereits im Zuge der geforderten kurzfristigen Überarbeitung des Wettbewerbsentwurfes umweltrelevante Aspekte – in diesem Fall die Menge des Erdaushubs im Bereich belasteter Böden – bei entsprechend konkreten Vorgaben und qualifizierten Planungsgrundlagen zu Gunsten optimierter Standortentwicklungskonzeptionen Berücksichtigung finden können. Die Stadt Zella-Mehlis wird im Weiteren einen Bebauungsplan für das betreffende Grundstück aufstellen, unabhängig davon, ob sich ein Zwischenerwerb als möglich oder notwendig erweist.

Das Beispiel Zella-Mehlis steht in positiver Weise für die Anwendung der optirisk-Methode auch ohne konkrete Investitionsabsicht – vielmehr leistet optirisk als Bestandteil aktivierender Planung hier einen wesentlichen Beitrag zur Initiierung kommunaler respektive staatlicher (Freistaat Thüringen) Aktivitäten zur Revitalisierung der seit über 15 Jahren brachliegenden Fläche mitten im Stadtgebiet.

## 7. Weiterführende Informationen

Die weitere Verbreitung und Umsetzung der optirisk-Ergebnisse setzt Verallgemeinerungen voraus. Der bisherige Erfolg berechtigt zur Weiterverfolgung des Projektes. Die Überführung der Ergebnisse in einen Leitfaden als Ergebnisverallgemeinerung ist vorgesehen. Hierbei werden energetische Nutzungsoptionen für die Aufwertung der Brachflächen berücksichtigt.

*Sämtliche Berichte, Publikationen und Poster sind auf der optirisk-Homepage [www.optirisk.de](http://www.optirisk.de) zum Download veröffentlicht.*

## Literatur

BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3214).

BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3758).

Grünenwald, Kerstin, Ingo Quaas, Kersten Roselt, Anja Thor und Thomas Zill (2008): Band 1: Projektbericht REFINA optirisk, [www.optirisk.de](http://www.optirisk.de) (Juni 2008).

ITVA (2007): Monetäre Bewertung ökologischer Lasten auf Grundstücken und deren Einbeziehung in die Verkehrswertermittlung – Entwurf, Berlin.

## Autoren



Kersten Roselt, Dr. rer. nat., Projektleiter optirisk, Dipl.-Geologe und Geschäftsführer der JENA-GEOS®-Ingenieurbüro GmbH, befasst sich seit 20 Jahren u.a. mit umweltrelevanten Sachverhalten bei der Liegenschaftsbewertung, Promotion zu Fragen der räumlichen und zeitlichen Variabilität von Bodenkontaminationen und deren Auswirkungen auf die Lösung von Nutzungskonflikten; E-Mail: [roselt@jena-geos.de](mailto:roselt@jena-geos.de)



Ingo Quaas, Dipl.-Ing. Städtebau, Freier Stadtplaner und Mitarbeiter des Lehrstuhls Raumplanung und Raumforschung an der Fakultät Architektur der Bauhaus-Universität Weimar (BUW), seit 17 Jahren freiberuflich als Stadtplaner überwiegend auf den Gebieten der Stadtsanierung und des Stadtumbaus tätig und im Rahmen von Forschung und Lehre an der BUW mit den Themen Stadtentwicklung, ländlicher Raum und Brachflächenrevitalisierung betraut; E-Mail: [ingo.quaas@uni-weimar.de](mailto:ingo.quaas@uni-weimar.de)



Thomas Zill, Dipl.-Ing. der Fachrichtung Architektur, wirkt bei der Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen GmbH (LEG) als Projektleiter der Abteilung Stadt- und Regionalentwicklung, Schwerpunkte: In-Wert-Setzung von Brachflächen (Revitalisierung/Renaturierung), Regional- und Ausgleichsflächenmanagement sowie FuE-Projekte; E-Mail: [Thomas.Zill@LEG-Thueringen.de](mailto:Thomas.Zill@LEG-Thueringen.de)



## Ganzheitliche Evaluation von Nutzungsstrategien für Brachflächen

Michael Finkel, Stephan Bartke, Ruth Rohr-Zänker, Maximilian Morio, Sebastian Schädler und Reimund Schwarze

### REFINA-Forschungsvorhaben: SINBRA – Strategien zur nachhaltigen Inwertsetzung nicht wettbewerbsfähiger Brachflächen am Beispiel der ehemaligen Militär-Liegenschaft Potsdam-Krampnitz

**Verbundkoordination:** Brandenburgische Boden Gesellschaft für Grundstücksverwaltung und -verwertung mbH

**Projektpartner:** Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG); Technische Universität Berlin, Institut für Stadt- und Regionalplanung und Institut für Technischen Umweltschutz, Fachgebiet Umweltchemie; Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ; STADTREGION, Büro für Raumanalysen und Beratung; IMU-Institut für Medienforschung und Urbanistik GmbH; Quadriga Ingenieurbüro für interdisziplinäre Kommunikation GmbH; tgag – Tübinger Gesellschaft für Angewandte Geowissenschaften e.V.; vhw – Bundesverband für Wohneigentum und Stadtentwicklung e.V.

**Modellraum:** Potsdam-Krampnitz  
**Projektlaufzeit:** 01.05.2006 bis 31.03.2009  
**Projektwebsite:** [www.sinbra.de](http://www.sinbra.de)

Der Beitrag fasst einen Teil der Arbeiten im Rahmen des Verbundvorhabens SINBRA zusammen. Zur Entwicklung der hier angesprochenen Bewertungsmethoden, deren Integration und modellhafte Anwendung am Standort Krampnitz haben zahlreiche Institutionen und Personen beigetragen. Weitere und detailliertere Informationen zu den Bewertungsmethoden und -werkzeugen bieten die SINBRA-Projektmappe und der Methodenkatalog (siehe [www.sinbra.de](http://www.sinbra.de)).

## 1. Einführung: Ganzheitliche Evaluation

Vornutzungsbedingt belastete Brachflächen werden häufig als nicht wettbewerbsfähig angesehen, wenn hohe Kosten für die Sanierung und Beseitigung der Lasten (z.B. für Abriss und Flächenaufbereitung sowie bei Boden- und Grundwasserverunreinigungen) und geringe Bodenwerte nach der Sanierung erwartet werden. Sind zusätzliche „Grundstücksmängel“ wie eine marode Infrastruktur oder denkmal- bzw. naturschutzbedingte Beschränkungen vorhanden oder liegt der Standort in einer wirtschaftlich und infrastrukturell schwach entwickelten Region, ergeben sich besonders erschwerte Bedingungen für das Brachflächenrecycling.

Vor diesem Hintergrund zielt das Verbundvorhaben SINBRA auf die Entwicklung von Brachflächen ab, auf denen relevante Boden- und/oder Grundwasserkontaminationen vorliegen und für die aufgrund ihrer Größe eine gewisse Flexibilität hinsichtlich des Nutzungskonzepts besteht. Spielräume, die sich durch die genannte Flexibilität und Größe ergeben, sollen optimal unter Beachtung einer nachhaltigen Kommunalentwicklung genutzt werden.

Das SINBRA-Entscheidungsunterstützungssystem zur ganzheitlichen Evaluation von Nutzungsstrategien für Brachflächen (EUGEN) unterstützt dabei die Suche nach einem bestmöglichen Kompromiss zwischen nachhaltigkeitskonformer Standortnutzung, resultierendem Marktwert und dem finanziellen Aufwand für die erforderliche Sanierung und Aufbereitung der Brachfläche. Im Falle sogenannter C-Flächen soll möglichst frühzeitig eine Einschätzung getroffen werden können, ob durch Wertsteigerung und Kostenminimierung eine Konversion in eine B-Fläche möglich ist. Mit EUGEN können Nutzungsoptionen ganzheitlich bewertet werden. Klare Informationen und transparente, objektive Bewertungsergebnisse zu Standortentwicklungsmöglichkeiten bilden die Grundlagen für den Diskurs aller Beteiligten bereits bei der Vorplanung und Strategiefindung. Mögliche Anwender von EUGEN sind Kommunen, Planer und Investoren. Durch die Mitwirkung unterschiedlicher Fachexperten muss gesichert werden, dass die notwendigen Informationen in der angemessenen Breite und Tiefe in die Bewertung eingehen. Die Bewertung folgt im Allgemeinen den in Abbildung 1 skizzierten Schritten.

**Abbildung 1:**

Ablauf der integrativen Bewertung



Quelle: Eigene Darstellung.



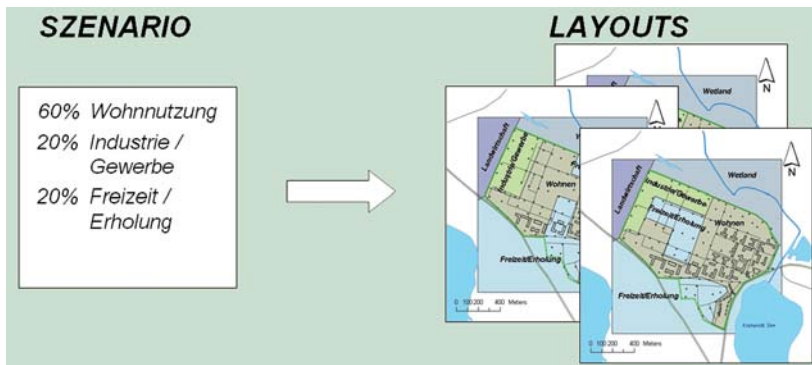
## 2. Flächennutzung: Vom Szenario zum Nutzungslayout

Für die Bewertung wird vorausgesetzt, dass bereits Vorstellungen hinsichtlich der zukünftigen Flächennutzung (seitens des Regionalplaners, der Kommune oder seitens potenzieller Investoren) bestehen, d.h. eine Nachnutzungsvision oder ein Planungsszenario bereits existiert. Dieses Planungs- bzw. Nutzungsszenario wird vereinfacht durch die Flächenanteile verschiedener (Nach-)Nutzungstypen parametrisiert (prozentuale Verteilung auf der zu revitalisierenden Fläche). Zwischen folgenden Nutzungstypen wird unterschieden:

- Wohnen
- Industrie/Gewerbe
- Freizeit/Sport/Erholung
- Landwirtschaft
- Geringst-/Unland oder Renaturierungsgebiet.

Die getroffene Auswahl an Nutzungstypen ist im Wesentlichen durch die erforderliche Unterscheidung bei der Definition von (nutzungsbezogenen) Sanierungszielen motiviert. Für die Nachhaltigkeitsbewertung wird in weitere Typen unterschieden, z.B. bei Industrie/Gewerbe in „emittierende Produktion und Logistik“ sowie „kleines Gewerbe und Dienste“. Die Definition des Planungsszenarios kann auch zusätzliche, näher beschreibende Informationen erhalten, die für die Nachhaltigkeitsbewertung relevant sind (z.B. „Für das Wohngebiet werden im Sinne eines Quartiers die üblichen Nahversorgungseinrichtungen bereitgestellt.“).

Für die Realisierung eines Nutzungsszenarios bestehen zahlreiche Möglichkeiten. Ein konkreter Realisierungsvorschlag wird als Nutzungslayout bezeichnet und beschreibt die räumliche Zuordnung des Szenarios auf einer Fläche (siehe Abbildung 2). Hier gibt es Spielräume, die optimal genutzt werden können, z.B. indem durch eine optimale Anpassung des Layouts die Sanierungs- und Flächenaufbereitungskosten minimiert werden.



**Abbildung 2:**  
Nutzungsszenario und Nutzungslayouts

Quelle: Eigene Darstellung.

## 3. Standortpotenzial aus Sicht nachhaltiger Stadtentwicklung

Bei Entscheidungen über die Ansiedlung von Nutzungen werden häufig die Potenziale von Brachflächen und Nachhaltigkeitsziele gegenüber Investoreninteressen und kurzfristigen Wachstumszielen der Stadt vernachlässigt. Ein Grund dafür ist, dass Verfahren und Instrumente fehlen, mit denen das Potenzial einer Brachfläche für eine nachhaltige Wiedernutzung nachvollziehbar belegt werden

kann (kurz: Nachhaltigkeitspotenzial). Das vorliegende Bewertungsverfahren schließt diese Lücke. Das Verfahren erlaubt Aussagen dazu, wie eine Nachnutzung von Brachflächen ausgerichtet sein sollte bzw. welche Nutzungsarten mit den Zielen einer nachhaltigen Stadtentwicklung in Konflikt stehen.

Die Nachhaltigkeitspotenziale einer Fläche werden bewertet auf der Grundlage eines Zielgerüsts für nachhaltige Stadtentwicklung, das auf dem Stand des Wissens und kommunaler Erfahrungen mit der Verfolgung von Nachhaltigkeitsindikatoren erarbeitet wurde (Müller/Rohr-Zänker 2009a). Die Bewertung erfolgt anhand von Standortmerkmalen der Fläche sowie von ökologischen, sozialen und stadtökonomischen Effekten einer Ansiedlung bestimmter Nutzungen. Die fünf Oberziele (siehe Übersicht 1) reflektieren diese drei Dimensionen der Nachhaltigkeit. Den Oberzielen sind konkretere Teilziele zugeordnet, und anhand von Flächenmerkmalen wird beurteilt, ob und inwieweit eine Nutzungsart die jeweiligen Teilziele erfüllt. Dazu wurde für jeden Indikator eine Bewertungsskala für positive, negative und neutrale bzw. keine Effekte für die nachhaltige Stadtentwicklung erstellt<sup>1</sup>.

### Übersicht 1:

Zielsystem für nachhaltige Stadtentwicklung

| Oberziele   | Teilziele  |
|---|--|
| Haushälterisches Bodenmanagement                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kurze Wege durch ergänzende Nutzungen</li> <li>■ Vermeidung zusätzlicher Flächenversiegelung</li> <li>■ Förderung der Innenentwicklung</li> <li>■ Reduzierung des Flächenverbrauchs</li> </ul>  |
| Erhaltung von Natur und Landschaft                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Erhaltung stadtökologisch bedeutsamer Flächen</li> <li>■ Erhaltung von Schutzgebieten</li> <li>■ Behebung von Umweltbelastungen</li> </ul>  |
| Ressourcenschonende und emissionsreduzierende Mobilitätssteuerung | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs</li> <li>■ Förderung des nichtmotorisierten Verkehrs</li> <li>■ Vermeidung von Überlastungen des kommunalen Straßensystems</li> <li>■ Schutz der Bevölkerung vor verkehrlichen Emissionsbelastungen</li> </ul>   |
| Hochwertiges Wohnumfeld und hohe Lebensqualität                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gute wohnortnahe Versorgungsmöglichkeiten</li> <li>■ Erhaltung und Entwicklung wohnortnaher Freizeit- und Erholungsmöglichkeiten</li> <li>■ Erhaltung und Aufwertung des Stadtbildes</li> <li>■ Erhaltung des Landschaftsbildes</li> <li>■ Minimierung von Nutzungskonflikten</li> </ul>  |
| Stärkung der wirtschaftlichen Basis der Kommune                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geringe Belastung des kommunalen Haushalts durch Investitions- und Folgekosten bei netzgebundenen Infrastrukturen</li> <li>■ Geringe Belastung des kommunalen Haushalts durch Investitions- und Folgekosten in soziale Infrastruktur</li> <li>■ Geringe Belastung des kommunalen Haushalts durch Investitions- und Folgekosten bei Verkehrsinfrastruktur</li> <li>■ Geringe Belastung des kommunalen Haushalts durch Sanierungskosten</li> <li>■ Steigerung der Standortattraktivität</li> <li>■ Sicherung von Gewerbestandorten</li> </ul> |

Quelle: Müller/Rohr-Zänker (2009a).

Im Bewertungsverfahren wird für jeden Nutzungstyp abgeschätzt, welche Auswirkungen eine entsprechende Ansiedlung auf eine nachhaltige Stadtentwicklung



<sup>1</sup> Für eine vollständige Darstellung aller Bewertungsindikatoren siehe Müller/Rohr-Zänker (2009b).





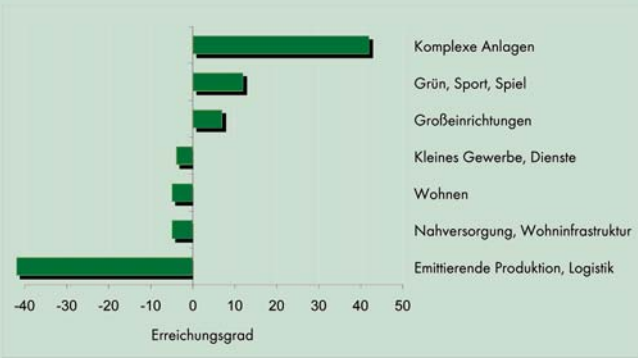
hätte. Für die Bewertung werden positive (plus 1) und negative (minus 1) bzw. keine absehbaren oder sich neutralisierende Effekte (0) unterschieden (siehe Abbildung 3 oben). Die Bewertung summiert sich für jeden Nutzungstyp zu einer Gesamtpunktzahl, die kennzeichnet, welche Wirkung von dieser Art der Wiedernutzung einer Fläche auf eine nachhaltige Stadtentwicklung zu erwarten ist. Die Gesamtpunktzahl wird zu einem Erreichungsgrad standardisiert (siehe Abbildung 3 Mitte). Der Erreichungsgrad drückt für jeden Nutzungstyp aus, welchen Anteil positiver und negativer Effekte seine Ansiedlung erwarten ließe. Mit dem Erreichungsgrad lässt sich also eine relative Rangfolge der Nutzungstypen herstellen:

**Abbildung 3:** Ausschnitt aus dem Bewertungsbogen (oben), Berechnung des Erreichungsgrades bei der Nachhaltigkeitsbewertung (mittig) und Rangfolge der Eignung von Nutzungstypen für eine Wiedernutzung der Teilfläche 2 am Standort Potsdam-Krampnitz (unten)

|   |    |                | Nutzungstypen |        |               |                    |                          |                                      |                   |                  |
|---|----|----------------|---------------|--------|---------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------|
| Merkmale für die Bewertung von Flächenpotenzialen                                       |    | Gewichtung (%) | Ausprägung    | Wohnen | Nahversorgung | Grün, Sport, Spiel | Kleines Gewerbe, Dienste | Emittierende Produktion und Logistik | Großeinrichtungen | Komplexe Anlagen |
|   |    |                |               |        |               |                    |                          |                                      |                   |                  |
| 4. Oberziel: Hochwertiges Wohnumfeld und hohe Lebensqualität                            |    |                |               |        |               |                    |                          |                                      |                   |                  |
| Teilziel 1: Gute wohnortnahe Versorgungsmöglichkeiten                                   |    |                |               |        |               |                    |                          |                                      |                   |                  |
| 4.1.1 Nahversorgung in fußläufiger Entfernung   | 10 | ja             | +1            | 0      | 0             | +1                 | 0                        | 0                                    | 0                 | 0                |
|   |    | nein           | -1            | 0      | 0             | 0                  | 0                        | 0                                    | 0                 | 0                |
| 4.1.2 Schulangebote in näherer Umgebung   | 10 | ja             | +1            | 0      | 0             | 0                  | 0                        | 0                                    | 0                 | 0                |
|   |    | nein           | -1            | 0      | 0             | 0                  | 0                        | 0                                    | 0                 | 0                |
| Teilziel 2: Erhaltung und Entwicklung wohnortnaher Freizeit- und Erholungsmöglichkeiten |    |                |               |        |               |                    |                          |                                      |                   |                  |
| 4.2 Große Bedeutung für Spiel, Freizeit, Erholung                                       | 20 | ja             | -1            | -1     | 0             | -1                 | -1                       | -1                                   | -1                | -1               |
|   |    | nein           | 0             | 0      | 0             | 0                  | 0                        | 0                                    | 0                 | 0                |
| Teilziel 3: Erhaltung und Aufwertung des Stadtbildes                                    |    |                |               |        |               |                    |                          |                                      |                   |                  |
| 4.3 Stadtbildprägende Bausubstanz   | 20 | ja             | +1            | 0      | -1            | +1                 | -1                       | -1                                   | -1                | +1               |
|   |    | nein           | 0             | 0      | 0             | 0                  | 0                        | 0                                    | 0                 | 0                |
| Teilziel 4: Minimierung von Nutzungskonflikten  |    |                |               |        |               |                    |                          |                                      |                   |                  |
| 4.4 Angrenzende Nutzung immissionssensibel  | 40 | ja             | 0             | 0      | 0             | 0                  | -1                       | -1                                   | 0                 | 0                |
|   |    | nein           | 0             | 0      | 0             | 0                  | 0                        | 0                                    | 0                 | 0                |

$$E = \left( \frac{\sum P+}{P+max} \times 100 \right) - \left( \frac{\sum P-}{P-max} \times 100 \right)$$

- P+ = Pluspunkte (gewichtet)
- P+max = maximal erreichbare Pluspunkte (gewichtet)
- P- = Minuspunkte (gewichtet)
- P-max = maximal erreichbare Minuspunkte (gewichtet)

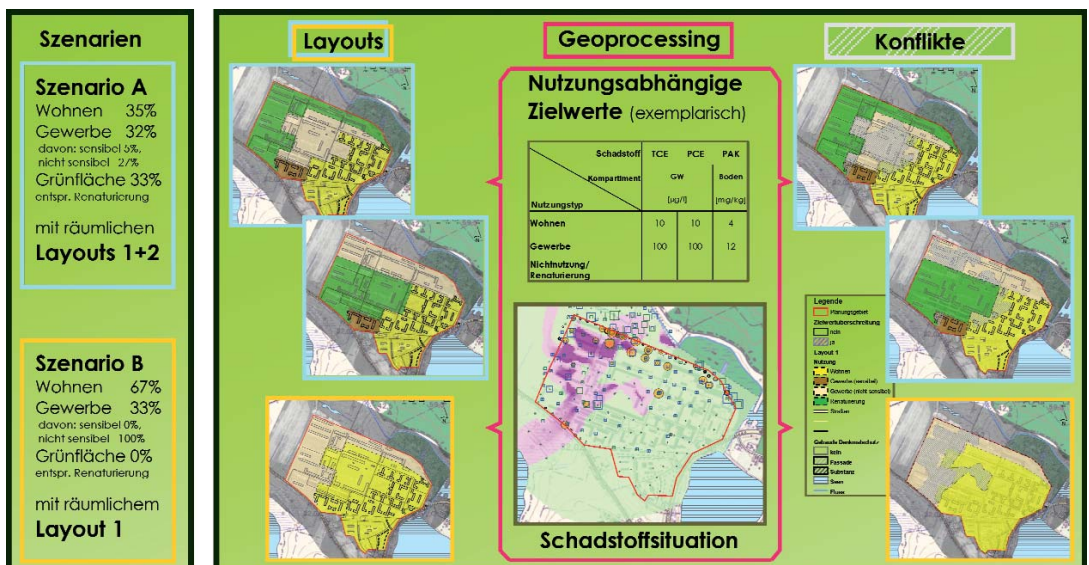


Quelle: Müller/Rohr-Zänker (2009a).

Das Bewertungssystem kann und soll den kommunalen Gegebenheiten angepasst werden. Jede Kommune muss darüber entscheiden, welche der oben genannten Nachhaltigkeitsdimensionen für ihre Entwicklung im Vordergrund steht.

Die Schadstoff- und nutzungsabhängigen Qualitätsanforderungen („Zielwerte“) an den Untergrund werden mit der räumlichen Anordnung eines Nachnutzungsszenarios in Relation gesetzt. Die Zielwerte sind vom Anwender im Rahmen der behördlichen Vorgaben festzulegen und werden für jeden Schadstoff und Nutzungstyp flächengenau zugeordnet. Die Zielwertverteilungen werden mit der räumlichen Schadstoffverteilung im Untergrund innerhalb der GIS-gestützten Analyse abgeglichen („Geoprocessing“). Dabei können mehrere Schadstoffe in Boden und Grundwasser gemeinsam analysiert werden. Hinsichtlich Güte, Verlässlichkeit und Detaillierungsgrad der Daten bzw. Karten zur Belastungssituation gibt es keine Vorgaben. In Entsprechung der räumlichen Anordnung und Sensibilität der geplanten Nutzungen resultieren Zielwertüberschreitungskarten, welche die Ausprägung des Zielkonflikts zwischen gewünschter Nachnutzung und Kostenvermeidung (Minimierung des Sanierungsaufwands) darstellen. Das Prinzip der Konfliktanalyse ist in Abbildung 4

Quelle: Morio und andere  
(2009).





dargestellt. Die Verteilung der Konflikte wird mit weiteren Informationen (z.B. Tiefenlage der Kontamination) in Form von Tabellen und Rasterdaten im System abgelegt und bildet die Grundlage für die nachfolgende Sanierungskostenabschätzung.

## 5. Ermittlung von Sanierungs- und Rückbaukosten

Bei der Schätzung von Sanierungskosten wird zwischen nutzungsabhängigen Sanierungskosten und sogenannten Sowieso-Kosten unterschieden. Letztere beziehen sich auf Sanierungsmaßnahmen zur Abwehr von Gefahren durch liegenschafts-externe Auswirkungen der vorliegenden Grundwasserkontaminationen und sind daher unabhängig von der geplanten Nachnutzung und den zuvor identifizierten Konflikten. Die Kosten für Maßnahmen zur Behebung der Konflikte auf der betrachteten Liegenschaft werden dagegen in Abhängigkeit von Umfang und Höhe der für die im Einzelnen betrachteten Schadstoffe berechneten Zielwertüberschreitungen in Boden und Grundwasser ermittelt. Die Rückbaukosten werden auf Basis von Gebäudedaten wie Nutzung, Bauart und Bruttorauminhalt abgeschätzt.

Für die Kostenschätzung wird auf drei bereits existierende, in anderen F+E-Vorhaben entwickelte Verfahren (ROCO, PROSIDE-Tool, KONUS) sowie auf eine Eigenentwicklung (EUGEN-KS) zurückgegriffen.

ROCO („Rough Cost Estimation“) wurde von der Fa. Quadriga, Berlin, im EU-Projekt WELCOME entwickelt und folgt einem empirischen Ansatz nach Bonnenberg u.a. (1992) zur Schätzung der Kosten für Grundwasser- und Bodensanierungen auf Basis kontaminierter Volumina und Standard-Einheitskosten, die je nach Schadstofftyp, Schadensausmaß und -lage mit „Erschwerisfaktoren“ multipliziert werden.

Alternativ kann die Berechnung von Grundwassersanierungskosten auch mit einem in dem EU-Projekt PROSIDE entwickelten Werkzeug<sup>2</sup> durchgeführt werden. Dieses Verfahren schätzt die Kosten unter der Annahme einer Pump & Treat-Sanierung und empirisch bestimmten Multiplikatoren in Abhängigkeit von Art, Mobilität, Schwere und Tiefenlage der Kontamination ab. Bestehende Unsicherheiten werden durch entsprechende Kostenspannen berücksichtigt.

Bodensanierungskosten können, als Alternative zu ROCO, auch nach dem in UBA (2003) dokumentierten Verfahren KONUS berechnet werden. Für die vorhandene(n) Schadstoffklasse(n) werden in Abhängigkeit von verschiedenen Standortparametern (z.B. Flächengröße, Grundwasserspiegel, Tiefe der Kontamination) das am besten geeignete Sanierungsverfahren ermittelt und entsprechende Kosten abgeschätzt. Das Verfahren KONUS wird auch für die Schätzung von Rückbaukosten eingesetzt.

Als weitere Alternative für die Schätzung von Kosten für erforderliche Grundwassersanierungsmaßnahmen stehen verschiedene an der Universität Tübingen entwickelte Ansätze für eine Grundwasserabstromsanierung mit einer Reinigungswand, einem Funnel & Gate-System oder mit Pump & Treat zur Verfügung (vgl. z.B. Bürger u.a. 2003; Bayer u.a. 2004). Welches Verfahren für die Kostenschätzung verwendet wird, ist je nach den verfügbaren Informationen vom Anwender



2 PROSIDE-Kostenprognose: Publiziert im Rahmen des EU-Forschungsprojekts PROSIDE ([www.proside.info](http://www.proside.info)). Zum Zeitpunkt der Implementierung stand nur eine vorläufige Version zur Verfügung, die mittlerweile verbessert wurde; zu beziehen über Sachverständigenbüro Dr. Thomas Ertel, E-Mail: [thomas@sv-ertel.de](mailto:thomas@sv-ertel.de).

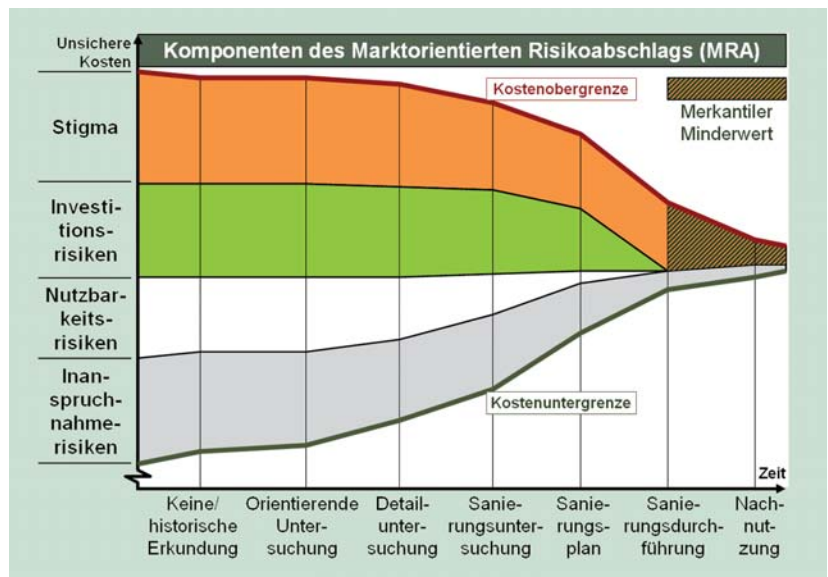
selbst zu bestimmen. Hierbei kann auch der Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Verfahren in Betracht gezogen werden (vgl. Schädler u.a. 2008).

## 6. Marktorientierte Wertermittlung: Konzept des Marktorientierten Risikoabschlags (MRA)

Hohe Wertabschläge für potenziell oder tatsächlich vorhandene Alt- und Vornutzungslasten (Boden- und Grundwasserverunreinigungen, Kampfstoffe etc.) stellen ein zentrales Hindernis für die Revitalisierung von brachgefallenen Gewerbe-, Industrie- oder Militärf lächen dar. Entscheidend für die Höhe der Wertabschläge und die Zurückhaltung von potenziellen Investoren ist dabei weniger das Niveau der erwarteten Sanierungskosten. Vielmehr beeinflusst die Unsicherheit über die tatsächliche Höhe zukünftiger Sanierungs- und Flächenaufbereitungskosten, über unbekannte Nutzungseinschränkungen und ungewisse Investitionsmehrkosten sowie über den zukünftigen Vermarktungsaufwand die subjektive Einschätzung des Marktwertes vor-nutzungsbelasteter Grundstücke erheblich. Werden diese am Markt wahrgenommenen Unsicherheiten und Risiken in der Wertermittlung nur formal abgedeckt oder inadäquat berücksichtigt, scheuen Investoren in der Regel vor Revitalisierungen zurück oder fordern erhebliche Kaufpreisreduktionen. Eine Verbesserung der Bewertung erfordert eine Verzahnung umweltfachlicher und baufachlicher Wertermittlung. Die Arbeitshilfe des ITVA (2008) liefert hierzu eine gemeinsame Kommunikationsbasis und einheitliche Vorgehensweisen, sie enthält aber keine Methodik, um die marktüblichen Wertabschläge für die mit den wahrgenommenen Unsicherheiten verbundenen Risiken zu ermitteln. Hier setzt eine marktorientierte Wertermittlung an. Im Rahmen des SINBRA-Projektes wurden in einer Expertenumfrage unter Wertermittlungssachverständigen, in Literaturanalysen, Fachgesprächen und Workshops verschiedene zeitabhängige Komponenten bestimmt, durch welche der Marktorientierte Risikoabschlag (MRA) im Auftreten und in der Höhe bestimmt wird. Der klassische „Markantile Minderwert“ aus Stigmaeffekten ist dabei nur eine Komponente,

**Abbildung 5:**

Zeitabhängige Komponenten des Marktorientierten Risikos



Quelle: Bartke/Schwarze (2009b).



da in der Praxis auch ökonomische Risiken in frühen Entwicklungsstadien zu bewerten sind (siehe Abbildung 5) (vgl. Bartke/Schwarze 2008 und 2009b).

Das Konzept des MRA stellt eine Fortentwicklung der klassischen Verkehrswertermittlung dar, gemäß welcher der Grundstückswert einer Brachfläche zunächst an der Lagequalität (Image, Autobahnnähe etc.) und dem Entwicklungszustand (Qualität Infrastruktur, Abgabenlast etc.) im Vergleich zu baureifen Flächen und unter Abzug von Sanierungs- und Rückbaukosten zu bemessen ist. Zur marktorientierten Anpassung dieses vorläufigen Marktwertes bedient sich das Konzept des MRA nach Abzug von Sanierungs- und Rückbaukosten des sogenannten Risiko-Scorings. Die Expertenurfrage unter Wertermittlungssachverständigen erlaubt die Bestimmung der Höhe verschiedener Einflussfaktoren auf die Risikowahrnehmung für vornutzungsbelastete Grundstücke – so beträgt der Wertabschlag im Durchschnitt zwölf Prozent. Im Rahmen des Scorings erfolgt die Anpassung dieses Durchschnitts an die Bewertungsfläche durch die Verschneidung von Faktoren in den Dimensionen

- (1) Ort: lokale Lagefaktoren wie z.B. Abgrenzbarkeit der Altlast, vorliegender Grundwasserschaden, lokale öffentliche Diskussionen zur Entwicklung,
- (2) Zeit: Zeitpunkt der Bewertung im Sanierungsprozess (vgl. Abbildung 6) sowie
- (3) Risikoüberwälzbarkeit: aufgrund der Marktlage, Nachfragesituation, Möglichkeit, auf Grünflächen auszuweichen.

Auf dieser Grundlage wird ein stichtagsbezogener bewertungsobjektspezifischer MRA ermittelt. So erhöhen wahrscheinliche Grundwasserschäden bei einer Bewertung in einer frühen Untersuchungsphase bei geringer Marktnachfrage den spezifischen MRA von durchschnittlich zwölf Prozent auf 18 Prozent (vgl. Bartke/Schwarze 2009a und 2009c).

Für das Entscheidungsunterstützungssystem EUGEN wurde ein Modul entwickelt, welches diese Methodik exemplarisch bei der Marktpreisermittlung von unbebauten oder freizulegenden Brachflächen demonstriert (siehe auch Abbildung 6).

## 7. Vergleichende Nachhaltigkeitsbewertung konkreter Nutzungsabsichten

Für die Bewertung der Nachhaltigkeit konkreter Nutzungsabsichten (z.B. Hightech-Unternehmen, Logistik-Zentrum usw.) wurde ein weiteres Verfahren entwickelt, mit dem überprüft werden kann, ob auf der betrachteten Brachfläche die Anforderungen nachhaltiger Stadtentwicklung besser erfüllt werden als auf alternativen Flächen. Das Verfahren bietet sich insbesondere dann an, wenn in der Kommune eine Nutzung angesiedelt werden soll, die bei der Bewertung des Nachhaltigkeitspotenzials der Fläche (siehe oben) gut abgeschnitten hat. Das vergleichende Verfahren kann aber auch genutzt werden, um auf einer großen Brache Teilflächen mit unterschiedlichen kleinräumlichen Bedingungen zu vergleichen.

Der vergleichenden Bewertung liegen dieselben Oberziele und weitgehend auch dieselben Teilziele zugrunde wie der Standortpotenzialbewertung (siehe oben); die Indikatoren aber sind andere. Da die Nutzung bekannt ist, können die Auswirkungen ihrer Ansiedlung präziser abgeschätzt werden und kann die Bewertungsskala, der wiederum positive, negative und neutrale bzw. keine Effekte zugeordnet sind, ein etwas breiteres Spektrum abdecken. Im Bewertungsverfahren entscheiden die Experten über mögliche Effekte durch die Nutzungsansiedlung auf einer Bewertungsskala von plus zwei Punkten (hoher Beitrag zur nachhaltigen Stadtentwicklung)



bis minus zwei Punkten (konterkariert deutlich die Ziele nachhaltiger Stadtentwicklung). Für einige Indikatoren stehen nur positive Optionen (z.B. Ausbau der Nahversorgung), für andere nur negative Optionen (Beeinträchtigung von Schutzgebieten, Belastungen des kommunalen Haushalts) zur Auswahl. Die Bewertung wird für die betrachtete Brachfläche und alle in Frage kommenden Alternativstandorte gesondert durchgeführt und summiert sich zu einer Gesamtpunktzahl. Der Vergleich zeigt, welche Fläche sich relativ gesehen besser für die Ansiedlung der in Frage stehenden Nutzungsabsicht eignet (siehe Abbildung 6: Nachhaltigkeitsvergleich).

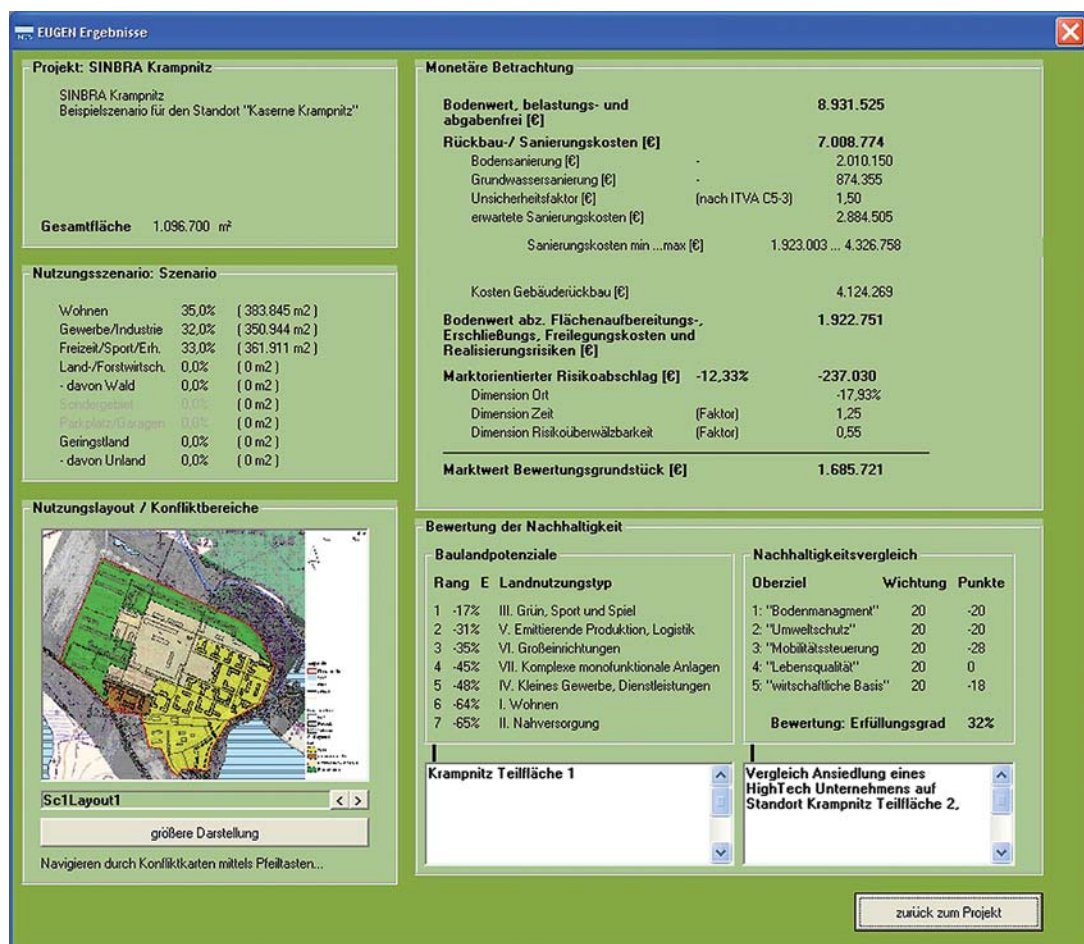
## 8. Gesamtbewertung

**Abbildung 6:**

Ergebnisdarstellung des Entscheidungsunterstützungssystems EUGEN

Quelle: Eigene Darstellung.

Die ganzheitliche Evaluation von Nutzungsstrategien wird durch die integrierte Darstellung aller relevanten Informationen erreicht. Projektinformationen, Szenario-Daten, Ergebnisse der Konfliktanalyse sowie der monetären Bewertung (Rückbau, Sanierungskosten, Marktwert) und der nicht monetären Bewertung (Baulandpotenziale, Nachhaltigkeitsvergleich) werden in einer Gesamtschau übersichtlich präsentiert (siehe Abbildung 6).







## Literatur

- Bartke, Stephan, und Reimund Schwarze (2008): Risikoorientierte Bewertung von vornnutzungsbelasteten Grundstücken. Wertermittlung nachvollziehbar machen, Vermarktungsoptionen verbessern, in: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): UmweltSpezial. III. Überregionaler REFINA-Workshop der Vier-Länder-Arbeitsgruppe „Flächenmanagement und Flächenrecycling in Umbruchregionen“, 26. und 27. November 2008, Hof an der Saale, S. 56–70.
- Bartke, Stephan, und Reimund Schwarze (2009a): Marktorientierte Risikobewertung vornutzungsbelasteter Grundstücke. Neue Wege zur transparenten Quantifizierung merkantiler Minderwerte, in: GuG Grundstücksmarkt und Grundstückswert, 20 (4), S. 195–202.
- Bartke, Stephan, und Reimund Schwarze (2009b): Marktorientierte Wertermittlung – Das EUGEN-Wertermittlungsmodul und das Konzept des Marktorientierten Risikoabschlags (MRA). SINBRA Methodenkatalog – Vorstellung der im Verbundvorhaben SINBRA entwickelten Methoden zur Inwertsetzung nicht wettbewerbsfähiger Brachflächen, S. 96–111, [www.sinbra.de](http://www.sinbra.de)
- Bartke, Stephan, und Reimund Schwarze (2009c): Mercantile Value Reduction: Accounting for Stigma on Contaminated Land in Germany, Beitrag zur ERES Conference 24.–27. Juni 2009, Stockholm, [http://www.eres2009.com/papers/6HBartke\\_Schwarze.pdf](http://www.eres2009.com/papers/6HBartke_Schwarze.pdf)
- Bayer, Peter, Michael Finkel und Georg Teutsch (2004): Kombinierte „Pump-and-treat“-Barrieren-Systeme, Teil II: Vergleichende Kostenanalyse, in: Grundwasser, Band 9, Nr. 3, S. 181–193, DOI: 10.1007/s00767-004-0044-9, 2004.
- Bonnenberg, Heinrich, Volker Grunewald, Gerald Milde, Eberhard Seiffe, Heinz Spittank und Wilfried Wassermann (1992): „Altlast-Schätzung“, ein Arbeitsinstrument zur komplexen Bewertung ost-deutscher Verdachtsstandorte und zur Prognose des Altlasten-Gesamtrisikos, in: AbfallwirtschaftsJournal 4 (1), S. 908–917.
- Bürger, Claudius, Michael Finkel und Georg Teutsch (2003): Reaktionswandsysteme und „Pump-and-Treat“ – Ein Kostenvergleich, in: Grundwasser, Band 8, Nr. 3, S. 169–180.
- ITVA – Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e.V. (2008): Monetäre Bewertung ökologischer Lasten auf Grundstücken und deren Einbeziehung in die Verkehrswertermittlung, Stand Juli 2008, C5-3/08, erarbeitet vom Arbeitskreis „Wertermittlung“ im ITVA-Fachausschuss C 5 „Flächenrecycling“.
- Morio, Maximilian, Sebastian Schädler und Michael Finkel (2009): Konfliktanalyse, Kostenschätzung und ganzheitliche Bewertung mit dem Entscheidungsunterstützungstool EUGEN. SINBRA Methodenkatalog – Vorstellung der im Verbundvorhaben SINBRA entwickelten Methoden zur Inwertsetzung nicht wettbewerbsfähiger Brachflächen, S. 125–151, [www.sinbra.de](http://www.sinbra.de)
- Müller, Wolfgang, und Ruth Rohr-Zänker (2009a): Verfahren zur Bewertung von Baulandpotenzialen aus der Sicht nachhaltiger Stadtentwicklung. SINBRA Methodenkatalog – Vorstellung der im Verbundvorhaben SINBRA entwickelten Methoden zur Inwertsetzung nicht wettbewerbsfähiger Brachflächen, S. 112–124, [www.sinbra.de](http://www.sinbra.de)
- Müller, Wolfgang, und Ruth Rohr-Zänker (2009b): Bewertung von Nachhaltigkeitspotenzialen städtischer Brachflächen, München.

Schädler, Sebastian, Maximilian Morio und Michael Finkel (2008): Land Use Related Cost Estimates for Contaminated Site Development: Consequences of Uncertainty to Planning and Investment Decisions. Groundwater Quality: Securing Groundwater Quality in Urban and Industrial Environments, in: IAHS Publ. No. 324, S. 539–546.

UBA – Umweltbundesamt (2003): Fachinstrumente Flächenrecycling, Kostenermittlung für Flächenaufbereitung, KONUS. Forschungsbericht FKZ 200 77 252. Umweltbundesamt, Text 30/03.

## Autoren und Autorin



*Michael Finkel*, Dr. rer. nat., Dipl.-Ing., Studium des Bauingenieurwesens (Universität Stuttgart), 1990–1994 Gutachter in einem Ingenieurbüro, seit 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen, Arbeitsschwerpunkt: Entwicklung von Instrumenten zur Unterstützung der Entscheidungsprozesse des Altlasten-, Flächen- und Wasserressourcenmanagements;  
E-Mail: michael.finkel@uni-tuebingen.de



*Stephan Bartke*, Dipl.-Volksw., Dipl.-Bw. (BA), nach dualem BWL-Studium als Trainee der Deutschen Bank AG Studium der VWL in Frankfurt/O., 2007/2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften Tübingen, seit 2008 am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig, Arbeitsschwerpunkt: Ökonomische Analyse von Flächennutzungs-, Nachhaltigkeits- und Risikoeinstellungsfragen;  
E-Mail: stephan.bartke@ufz.de



*Ruth Rohr-Zänker*, Dipl.-Ing. Architektur (TU Berlin), Ph.D. Environmental Design and Planning (State University Virginia, USA), außerplanmäßige Professorin für Raumplanung an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Mitinhaberin von STADTREGION, Büro für Raumanalysen und Beratung, Hannover;  
E-Mail: rohr-zaenker@stadtregion.net



*Maximilian Morio*, Dipl.-Geologe (Universitäten Heidelberg und Tübingen), 2001–2007 Gutachter und Projektleiter in einem Ingenieur- und Umweltberatungsbüro, seit 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften der Universität Tübingen, Arbeitsschwerpunkt: Entwicklung von modell- und GIS-basierten Bewertungsmethoden für das Umweltmanagement;  
E-Mail: max.morio@uni-tuebingen.de



*Sebastian Schädler*, Dipl.-Ing. (FH) für Physikalische Technik (Hochschule Ravensburg-Weingarten) 2004, M.Sc. Applied Environmental Geosciences, Universität Tübingen 2006, seit 2007 Doktorand am Zentrum für Angewandte Geowissenschaften in Tübingen, Arbeitsschwerpunkt: Entwicklung von Instrumenten zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen bei der Revitalisierung von Megasites;

E-Mail: [sebastian.schaedler@uni-tuebingen.de](mailto:sebastian.schaedler@uni-tuebingen.de)



*Reimund Schwarze*, Prof. Dr., Professor am Institut für Finanzwissenschaft der Universität Innsbruck, arbeitet seit Oktober 2007 im Department Ökonomie des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, Leipzig, dort verantwortlich für den Forschungsbereich der Ökonomie der Boden- und Grundwassersanierung;

E-Mail: [reimund.schwarze@ufz.de](mailto:reimund.schwarze@ufz.de)

## Kriterien für die Nachhaltigkeit der Nutzung und die Vermarktbarkeit städtischer Brachflächen

Dieter Behrendt, Silke Kleinhüchelkotten, Marlies Kloten und H.-Peter Neitzke

### REFINA-Forschungsvorhaben: Nachhaltiges Flächenmanagement Hannover (NFM-H)

**Verbundkoordination:** ECOLOG-Institut gGmbH

**Projektpartner:** ECOLOG-Institut gGmbH; Institut für Wirtschaftsrecht der Leuphana Universität Lüneburg; Landeshauptstadt Hannover

**Modellraum:** Landeshauptstadt Hannover

**Projektlaufzeit:** 01.01.2006 bis 30.06.2009

**Projektwebsite:** [www.flaechenfonds.de](http://www.flaechenfonds.de)

### 1. Projektrahmen: Nachhaltiges Flächenmanagement Hannover

Das Projekt „Nachhaltiges Flächenmanagement Hannover“ hatte zum Ziel, ein privatwirtschaftliches Fonds-Konzept zur Mobilisierung von Brachflächen zu entwickeln. Analysiert wurde, ob und wie privates Kapital mobilisiert und wirtschaftliche Anreize zum Flächenrecycling gegeben werden können. Die Realisierungsbedingungen für den Brachflächen-Fonds wurden am Beispiel der Landeshauptstadt Hannover überprüft. Dabei wurde unter anderem untersucht, ob geeignete Flächen für den Fonds vorhanden sind, ob die Nachfrage nach recycelten Brachflächen in Hannover groß genug ist und ob Verwaltung und Politik einen Brachflächen-Fonds unterstützen würden. Abschließend erfolgte eine Einschätzung der Übertragbarkeit auf andere Kommunen und Regionen in Deutschland.

### 2. Ausgangspunkt und Problem

Mit dem im Projekt konzipierten Fonds soll eine nachhaltige Siedlungsentwicklung unterstützt werden, indem (altlastenbehaftete) Brachflächen saniert bzw. baureif gemacht und für die Nachnutzung bereitgestellt werden. Auf diese Weise sollen die Brachflächen konkurrenzfähig werden zu Flächen „auf der grünen Wiese“ und so die Innenentwicklung der Kommune fördern. Die Ziele einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung gehen aber über die reine Wiederverwertung von Brachflächen hinaus. Wichtig ist, dass die Entwicklung der Fläche selbst ebenfalls nachhaltig ist, d.h. dass sie sozialen, ökologischen und ökonomischen Ansprüchen genügt. Um entsprechende Flächen für den Fonds auszuwählen, werden Kriterien benötigt, mit denen die Erfüllung von Nachhaltigkeitszielen bei der Flächenentwicklung bewertet werden kann. Da bisher noch kein Kriteriensatz für diesen Zweck existierte, wurde im Rahmen des Projekts ein solcher entwickelt. Flächen für einen privatwirtschaftlichen Fonds müssen aber noch eine weitere Bedingung erfüllen: Sie müssen vermarktbar sein. Nur wenn sich die vom Fonds



sanierten Flächen am Ende auch verkaufen lassen, kann der Fonds die benötigte Rendite erzielen. Um die Vermarktbarkeit von Flächen einschätzen zu können, wurde im Rahmen des Projekts zusätzlich zu den Nachhaltigkeitskriterien ein Satz von Vermarktungskriterien erstellt. Dies war notwendig, da kein entsprechender, leicht übertragbarer Kriteriensatz verfügbar war.



**Abbildung 1:**

Brachfläche in einem Gewerbegebiet in Hannover

Quelle: Landeshauptstadt  
Hannover,  
M. Kloten.

### 3. Zielsetzungen und Erwartungen an den Bewertungsansatz

Das Bewertungssystem sollte die Grundlage für die Auswahl von Fonds-Flächen unter zwei Gesichtspunkten liefern: Nachhaltigkeit der Flächenentwicklung und Vermarktbarkeit der Fläche. Betrachtet werden sollten Brachflächen, die für eine bauliche Nutzung zur Verfügung stehen und/oder im Geltungsbereich eines B-Plans bzw. im Innenbereich lt. § 34 BauGB (Innenentwicklungsflächen) liegen. Dies schließt folgende Flächen aus: Flächen in Schutz- und Überschwemmungsgebieten, Vorrangflächen (nach Regionalem Raumordnungsprogramm, RROP) für Freiraumfunktionen, Natur und Landschaft, Erholung, Rohstoffgewinnung, Trinkwassergewinnung und Hochwasserschutz sowie Flächen, für die eine ausschließlich öffentliche Nutzung vorgesehen ist oder die militärisch wichtig sind.

Da die in Frage kommenden Flächen noch nicht Gegenstand konkreter Entwicklungsvorhaben sind, kann ihre Bewertung nur im Hinblick auf die jeweils intendierte Nutzung erfolgen. Maßgeblich ist die von der Stadtplanung für die jeweilige Fläche vorgesehene Zielnutzung, wobei diese Festlegungen über das geltende Baurecht hinausgehen können, wenn z.B. für Gebiete mit alten Bebauungsplänen bereits neue Konzepte vorliegen. Eine erste Grundlage für die Einordnung der Fläche bildet der Flächennutzungsplan. Zu unterscheiden sind mindestens die Zielnutzungen „Gewerbe/Industrie“, „Wohnen“, „Dienstleistung/Handel“ sowie „Grünflächen/Freiraum“. Nach Möglichkeit sollte eine weitere Konkretisierung vorgenommen werden, z.B. Logistik, großflächiger Einzelhandel oder hochwertiges Wohnen für Senioren.

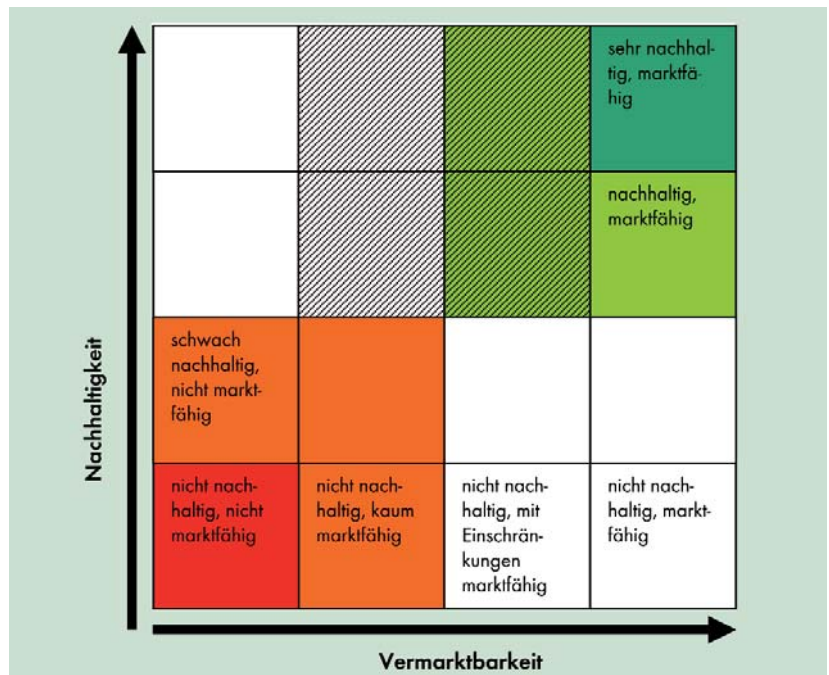
Anhand der Nachhaltigkeitskriterien, die ökologische, soziale und ökonomische Aspekte umfassen, soll beurteilt werden, inwieweit die Entwicklung der jeweiligen Fläche mit der angestrebten Zielnutzung (z.B. Wohnen) einen Beitrag zu einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung leistet.

Mit Hilfe der Vermarktbarkeitskriterien, die sich vor allem auf Art und Umfang der möglichen Nutzung, auf den Aufwand der Flächenbereitstellung sowie auf den erzielbaren Verkaufspreis/-erlös und die vorhandene Nachfrage beziehen, sollen die Flächen hinsichtlich Vermarktbarkeit bzw. „Entwicklungsfähigkeit“ bewertet und eingeordnet werden. Dabei wird nach dem A-B-C-Modell des europäischen Brachflächen-Forschungsverbunds CABERNET (siehe z.B. CABERNET-Online: <http://www.cabernet.org.uk/index.asp?c=1312>, zuletzt abgerufen am 3.11.09) unterschieden zwischen marktfähigen, leicht vermarktbareren „Selbstläufern“ (A-Flächen), mit Einschränkungen marktfähigen Flächen (B-Flächen) und nicht marktfähigen oder nur mit sehr hohem Aufwand zu entwickelnden „Reserveflächen“ (C-Flächen). Einzelne Vermarktbarkeitskriterien sind auch in der ökonomischen Dimension der Nachhaltigkeitskriterien enthalten.

Im Rahmen des Projekts sollten mit Hilfe des Bewertungsansatzes Flächen identifiziert werden, die mit der gegebenen Zielnutzung einen Beitrag zur nachhaltigen Siedlungsentwicklung leisten und als entwicklungsfähig gelten können (B-Flächen; in Abbildung 2 schraffiert).

#### Abbildung 2:

Matrix zur Einordnung der Flächen nach Nachhaltigkeit und Vermarktbarkeit



Quelle: Eigene Darstellung.

Der Satz der Nachhaltigkeitskriterien sollte über die konkrete Projektanwendung – die Auswahl von Brachflächen für den Fonds – hinaus als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement dienen können und auf das gesamte Flächenpotenzial einer Kommune anwendbar sein. Die Nachhaltigkeitskriterien sollen folgende Anwendungen ermöglichen:





- Für eine bestimmte Fläche kann bewertet werden, welche Zielnutzung unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten am sinnvollsten ist bzw. welche Zielnutzungen für die jeweilige Fläche auszuschließen sind.
- Auf der Grundlage vergleichender Bewertungen vorhandener Flächen kann eingeschätzt werden, welche Flächen unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit prioritär zu entwickeln sind.

An den Kriteriensatz zur Messung der Nachhaltigkeit von Flächenentwicklungen wurden folgende Anforderungen gestellt:

- Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit der Ziele und Kriterien,
- Erfassung und gleichrangige Bewertung der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit.

Bei beiden Kriteriensätzen sollte zudem die Übertragbarkeit auf andere Anwender (z.B. Kommunen, Investoren oder Eigentümer) mit vertretbarem Aufwand möglich sein.

## 4. Entwicklung des Bewertungssystems

### 4.1 Erstellung der Kriteriensätze

Um die Übertragbarkeit des Kriteriensatzes zur Nachhaltigkeitsbewertung sicherzustellen, erfolgte eine Ableitung der Kriterien aus dem europaweit anerkannten Zielsystem kommunaler nachhaltiger Entwicklung, den „Aalborg-Commitments“, die auch von der Stadt Hannover unterzeichnet wurden.

Basis für den Kriteriensatz waren die dort formulierten Kernziele mit Flächenbezug. Die Kernziele wurden in einem mehrstufigen projektinternen Abstimmungsprozess in Detailziele und diese in Kriterien operationalisiert (siehe Tabelle 1). Dabei wurden die in Hannover vorhandenen Leitbilder und Zielkataloge für die Stadtentwicklung berücksichtigt, wie das Konzept „Hannover Plus 10“ und die in Hannover verwaltungsintern und politisch gesetzten städtebaulichen Ziele. Als ein weiteres Kernziel, das nicht über die Aalborg-Commitments abgedeckt ist, wurde die Stärkung der finanziellen Handlungsfähigkeit der Kommune aufgenommen.

In den Prozess der Operationalisierung waren Experten aus der Stadtverwaltung Hannover, insbesondere aus den Fachgebieten Stadtplanung, Wirtschaftsförderung und Umweltschutz, eingebunden.

Die Vermarktungskriterien (siehe Tabelle 2) wurden auf Basis der Literatur zu Immobilienwirtschaft und Brachflächenrecycling (z.B. Muncke u.a. 2000; Schneider 2002) und unter Einbeziehung von immobilienwirtschaftlichen Experten der Stadtverwaltung Hannover zusammengestellt.

In beiden Kriteriensätzen werden sowohl Merkmale der Fläche (z.B. Größe, Grad der Versiegelung) als auch Einflüsse aus ihrem Umfeld auf die Zielnutzung (z.B. Lärm von einer benachbarten Hauptverkehrsstraße) sowie von der Zielnutzung zu erwartende Wirkungen auf das Umfeld berücksichtigt. Die Flächenbewertung erfasst demnach sowohl die Fläche selbst als auch ihre positiven wie negativen Wechselbeziehungen zum Umfeld.

Die ausgewählten Kriterien umfassen zum einen quantitativ erfassbare Größen, wie z.B. die Entfernung der Fläche zum nächstgelegenen ÖPNV-Anschluss, zum anderen qualitativ einzuschätzende Gegebenheiten, wie die potenzielle „Adressbildung“ einer Fläche. Anzumerken ist, dass auch bei quantitativ erfassbaren

**Tabelle 1:**

Nachhaltigkeitskriterien

|                           | Vorgesehene Zielnutzung auf der Brachfläche ermöglicht die/den/eine ...                        |
|---------------------------|--|
| Ökologische Dimension (A) | A1 ... Senkung des Primärenergieverbrauchs und Erhöhung des Anteils regenerativer Energien     |
|                           | 1 ... Nutzung der Solarenergie (Dach- oder Freifläche)   |
|                           | 2 ... Einbindung in ein Nahwärmenetz   |
|                           | 3 ... Anschluss an ein Fernwärmenetz   |
|                           | 4 ... Stärkung des Umweltverbunds  |
|                           | A2 ... Verbesserung der Wasserqualität   |
|                           | 5 ... geringe Versiegelung   |
|                           | 6 ... Verhinderung von Schadstoffeinträgen   |
|                           | A3 ... Förderung der Artenvielfalt, Erweiterung und Pflege von Schutzgebieten und Grünflächen  |
|                           | 7 ... Erhalt, Vernetzung, Schaffung von Biotopen   |
|                           | 8 ... Erhalt, Vernetzung, Schaffung öffentlicher Grünflächen                                   |
|                           | 9 ... Erhalt und Schaffung privater Gärten   |
|                           | A4 ... Verbesserung der Bodenqualität und Erhalt schützenswerter Böden                         |
|                           | 10 ... Erhalt bzw. Verbesserung der Bodenqualität  |
|                           | 11 ... Erhalt schützenswerter Böden  |
|                           | A5 ... Verbesserung der Luftqualität   |
|                           | 12 ... Minimierung toxischer und ökotoxischer Immissionen                                      |
|                           | 13 ... Minimierung belästigender Immissionen   |
|                           | 14 ... Minimierung von Emissionen aus Güterverkehr   |
|                           | 15 ... Erhalt bzw. Verbesserung von Frisch- bzw. Kaltluftentstehungsgebieten                   |
|                           | 16 ... Erhalt bzw. Verbesserung von Frisch- bzw. Kaltluftschneisen                             |
|                           | 17 ... geringe Schallimmissionen   |
|                           | 18 ... geringe elektromagnetische Immissionen  |
| Soziale Dimension (B)     | A6 ... Vermeidung von Zersiedelung   |
|                           | 19 ... Verdichtung der Bebauung  |
|                           | B1 ... Schaffung guter Wohn- und Lebensbedingungen sowie Stärkung benachteiligter Gebiete      |
|                           | 20 ... städtebauliche Integration  |
|                           | 21 ... Aufwertung des Umfelds bzw. des Quartiers   |
|                           | 22 ... hochwertiges Freiraumangebot  |
|                           | 23 ... gute Nahversorgung  |
|                           | 24 ... gute Kultur- und Bildungsinfrastruktur  |
|                           | 25 ... Mischung von Wohnen und Arbeiten  |
|                           | 26 ... zentrumsnahes Wohnen  |
|                           | B2 ... Erhaltung und Nutzung des städtischen kulturellen Erbes                                 |
|                           | 27 ... Erhalt kulturell bedeutsamer Gebäude bzw. Gartenanlagen                                 |
|                           | B3 ... Verbesserung der Mobilität  |
|                           | 28 ... gute ÖPNV-Erschließung  |
|                           | 29 ... gute Fahrrad-Erreichbarkeit von Zentren bzw. von Versorgungseinrichtungen               |
| Ökonomische Dimension (C) | C1 ... Verbesserung der Rahmenbedingungen für Unternehmen und Förderung von Arbeitsplätzen     |
|                           | 30 ... gute Güterverkehrsanbindung   |
|                           | 31 ... gute Personenverkehrsanbindung  |
|                           | 32 ... Synergieeffekte von Unternehmen untereinander oder mit wissenschaftlichen Einrichtungen |
|                           | 33 ... Verbesserung der Attraktivität des Umfelds  |
|                           | C2 ... Stärkung der finanziellen Handlungsfähigkeit der Kommune                                |
|                           | 34 ... höhere Einnahmen aus Einkommensteuer  |
|                           | 35 ... höhere Einnahmen aus Gewerbesteuer  |
|                           | 36 ... höhere Einnahmen aus anderen Abgaben  |
|                           | 37 ... hoher Verkaufserlös der Fläche  |
|                           | 38 ... Wertsteigerung benachbarter Flächen im kommunalen Besitz                                |
|                           | 39 ... geringe Investitions- und Folgekosten   |

Quelle: Eigene Darstellung.



**Tabelle 2:**  
Vermarktbarkeitskriterien

| Lage und Zuschnitt der Fläche                  |  |
|--|--|
| 1  | Lage der Fläche  |
| 2  | Größe der Fläche   |
| 3  | Zuschnitt der Fläche   |
| Zustand der Fläche                             |  |
| 4  | Altbebauung und Kontamination  |
| 5  | Technische Bebauungshindernisse  |
| Erschließung der Fläche                        |  |
| 6  | Technische Infrastruktur   |
| 7  | Versorgungsinfrastruktur (Nahversorgung, Soziale Einrichtungen)        |
| 8  | Personenverkehrsanbindung  |
| 9  | Güterverkehrsanbindung   |
| Attraktivität/Image der Fläche und des Umfelds |  |
| 10   | Art der Vornutzung   |
| 11   | Ästhetische Attraktivität des Umfelds                                  |
| 12   | Soziale Attraktivität der Nachbarschaft                                |
| 13   | Freiflächen und naturnahe Flächen                                      |
| Verwendbarkeit der Fläche                      |  |
| 14   | Planungs- oder baurechtliche bzw. sonstige Einschränkungen             |
| 15   | Denkmalschutzauflagen  |
| 16   | Boden- und naturschutzrechtliche Auflagen, erhaltenswerte Grünbestände |
| 17   | Immissionen/Hintergrundbelastungen aus dem Umfeld                      |
| 18   | Sensibilität des Umfelds für Immissionen, Akzeptanzprobleme            |
| 19   | Topografie und Geologie/Baugrund                                       |
| Verfügbarkeit der Fläche                       |  |
| 20   | Eigentumsverhältnisse: Zahl und Struktur der Eigentümer                |
| 21   | Dingliche Lasten   |
| 22   | Zeitliche Verfügbarkeit  |
| Flächenkonkurrenz                              |  |
| 23   | Zahl und Größe von Flächen mit gleicher Zielnutzung                    |
| Flächennachfrage                               |  |
| 24   | Nachfrage nach Flächen dieser Art                                      |
| Kosten   |  |
| 25   | Preisvorstellung des Grundstückseigentümers                            |

Quelle: Eigene Darstellung.

Größen oft nur eine qualitative Bewertung des Kriteriums vorgenommen werden kann, da entsprechende Informationen, insbesondere zur Altlastensituation oder zu boden- und naturschutzrechtlichen Aspekten, in der Regel nicht vorliegen.

## 4.2 Gewichtung und Bewertung der Kriterien

Da die Kriterien – für die Messung sowohl des Beitrags zur nachhaltigen Siedlungsentwicklung als auch der Vermarktbarkeit der Fläche – nicht alle gleich wichtig sind, müssen sie jeweils untereinander mit einer Gewichtungsskala von 1 (weniger wichtig) über 2 bis 3 (sehr wichtig) gewichtet werden. Im Kriteriensatz zur Nachhaltigkeitsbewertung wurden darüber hinaus die Kernziele getrennt gewichtet. Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (sozial, ökologisch und öko-

nomisch) mit einer unterschiedlichen Anzahl an Kernzielen und Kriterien gehen insgesamt gleichwertig in die Bewertung ein.

Die Ermittlung der Gewichtungsfaktoren ebenso wie die nachfolgende Bewertung erfolgten unter Beteiligung von Experten aus den zuständigen Fachabteilungen der Kommune (Umwelt und Stadtgrün, Wirtschaftsförderung/Liegenschaften und Stadtplanung). Aus den individuellen Vorschlägen zur Gewichtung wird je Kriterium ein Mittelwert gebildet. Die im Rahmen des Projekts vorgenommene Gewichtung der Nachhaltigkeits- und Vermarktungskriterien kann von anderen Kommunen übernommen werden. Besser ist es jedoch, wenn die Kriterien von jeder Anwender-Kommune neu gewichtet werden, um die jeweiligen Besonderheiten der Kommune zu berücksichtigen.

Die Flächenbewertung in Kleingruppen erfolgte unter Verwendung einer kurzen Beschreibung des einzelnen Kriteriums sowie mit Hilfe einer fünfstufigen Punkteskala [+2, +1, 0, -1, -2]: +2 ist bei einer sehr positiven Bewertung zu vergeben, -2, wenn die Bewertung sehr negativ ausfällt. Aus den Bewertungen wurde analog der Gewichtung je Kriterium ein arithmetisches Mittel berechnet. Für das Kriterium „Technische Infrastruktur“ erhielten die Experten beispielsweise den folgenden beschreibenden Kurztext: „Eine erst zu schaffende Infrastruktur zur Grundver- und -entsorgung (Strom, Wasser, Abwasser, Telekommunikation, ggf. Wärme) ist ein Kosten- und Zeitproblem in der Flächenentwicklung. In innerstädtischen Lagen kann auch eine erforderliche Neudimensionierung der vorhandenen Infrastruktur Probleme bereiten.“ Die Bewertungsstufen reichten von [+2, passende technische Infrastruktur vorhanden] bis [-2, notwendige technische Infrastruktur nicht vorhanden und nur mit großem Aufwand herstellbar]. Zur besseren Nachvollziehbarkeit und um Fehler zu vermeiden, ist es sinnvoll, die Gründe für die jeweilige Bewertung zu vermerken.

Kriterien, die für eine bestimmte Zielnutzung irrelevant waren oder für die eine Bewertung aufgrund fehlender Daten bzw. Informationen nicht möglich war, wurden aus der Bewertung herausgenommen, d.h., hier konnten keine Punkte erzielt werden, die maximal erreichbare Punktzahl wurde entsprechend reduziert. Wenn Kriterien aus der Bewertung herausgenommen werden, sollten die Gründe vermerkt werden. Die „Flächenwerte“ wurden anschließend in mehreren Schritten berechnet:

### Nachhaltigkeitskriterien

1. Die Bewertung für ein Kriterium wurde multipliziert mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor des Kriteriums.
2. Die gewichteten Bewertungen der zu einem Nachhaltigkeitsziel gehörenden Kriterien wurden summiert und ins Verhältnis gesetzt zu dem bei der gewichteten Bewertung der Kriterien maximal erreichbaren Wert.
3. Der so ermittelte Wert für das jeweilige Nachhaltigkeitsziel wurde mit dem Gewichtungsfaktor für dieses Nachhaltigkeitsziel multipliziert.
4. Die so berechneten gewichteten Werte für die einzelnen Nachhaltigkeitsziele, die zu derselben Dimension (ökologisch, ökonomisch, sozial) gehören, wurden summiert und wieder ins Verhältnis gesetzt zu dem bei der gewichteten Bewertung maximal erreichbaren Wert je Dimension.
5. Die Werte der Dimensionen wurden addiert und durch die Anzahl der Dimensionen (drei) dividiert.

Ein Wert nahe 1 zeigt eine (voraussichtlich) hohe Nachhaltigkeit der Flächenentwicklung mit der angenommenen Zielnutzung an.



## Vermarktbarkeitskriterien

1. Die Bewertung für ein Kriterium wurde multipliziert mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor des Kriteriums.
2. Die gewichteten Werte wurden summiert und ins Verhältnis gesetzt zu dem bei der gewichteten Bewertung maximal erreichbaren Wert.

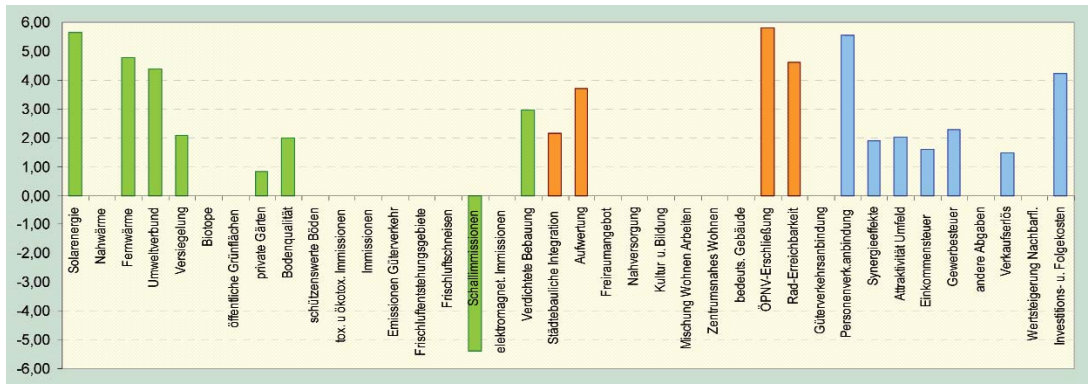
Ein Wert von 1 bedeutet eine (voraussichtlich) gute Vermarktbarkeit der Fläche bei der zugrunde gelegten Zielnutzung.

Abbildung 3 gibt die Bewertung der einzelnen Nachhaltigkeitskriterien für eine Beispielfläche wieder. Der Wert 0 zeigt eine mittlere, zum Teil auch neutrale Bewertung an. Das jeweilige Kriterium wird weder besonders gut noch besonders schlecht erfüllt. Beim Kriterium „Biotop“ bedeutet die Bewertung mit 0 beispielsweise, dass die Zielnutzung auf der betreffenden Fläche keine Auswirkungen auf vorhandene Biotop hat. Eine positive Bewertung würde eine Verbesserung anzeigen, eine negative das Gegenteil davon. Auf einen Blick können so die Stärken und Schwächen der Flächenentwicklung unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten festgestellt werden. Bei der betreffenden Fläche sind die Schallimmissionen für die geplante Zielnutzung („Dienstleistung/Büronutzung, Wohnen“) das größte Manko.

**Abbildung 3:**

Nachhaltigkeitsbewertung für eine Beispielfläche: gewichtete Einzelkriterien

Quelle: Eigene Darstellung.



## 5. Erfahrungen bei der Umsetzung und Einschätzung der Übertragbarkeit aus Sicht der Modellkommune

### 5.1 Erfahrungen

Die Verwaltung der Stadt Hannover war an der Erstellung der Kriterienkataloge beteiligt (s.o.). Der hohe Aufwand hierfür war nur im Rahmen des geförderten Forschungsprojekts zu bewältigen. Im normalen „Tagesgeschäft“ wäre es nicht möglich gewesen, verschiedene Experten aus der Verwaltung in den mehrstufigen Diskussionsprozess einzubinden.

Die Anwendung des Kriteriensystems, d.h. die Gewichtung der Kriterien und die Bewertung in Kleingruppen von drei bis vier Personen aus verschiedenen Sachgebieten, war indes relativ einfach und schnell möglich. Wichtige Voraussetzung für die Bewertungen war, dass ausreichende Flächeninformationen bei den Bewertungsterminen vorlagen. Im Rahmen des Projekts „Nachhaltiges Flächenmanage-

ment Hannover“ wurde zur Verbesserung der Datenlage ein GIS-gestütztes Brachflächeninformationssystem aufgebaut, das alle für die Flächenbewertung notwendigen Daten enthält. Noch weiter bestehende Informationslücken wurden mittels Expertendiskussionen beseitigt. Als schwierigstes Problem hat sich die Beschaffung von Informationen zur Kontamination von (privaten) Grundstücken sowie zu Grundstückswert und Preisvorstellungen des Eigentümers herausgestellt.

Bei der Diskussion zu den Vermarktungskriterien erwies sich die Bewertung der Vermarktbarkeit von Flächen für den gewerblichen Bereich als schwierig, denn hier sind die Anforderungen an die Flächen sehr spezifisch und unterschiedlich. Je nach Betrieb oder Branche können die Standortwünsche komplett gegensätzlich sein: Wo ein Betrieb den Anschluss an das übergeordnete Verkehrsnetz am Stadtrand sucht, ist für einen anderen die gute Adresse in der City ausschlaggebend. Die Brachflächen lassen sich daher bezüglich ihrer Attraktivität für Gewerbeansiedlungen nicht eindeutig bzw. sicher klassifizieren.

Aus Sicht der Kommune ist bei der Nachhaltigkeitsbewertung die Reduzierung von Komplexität die größte Schwierigkeit: Durch die Bewertung sollen vielschichtige Stadtentwicklungsprozesse inklusive aller damit verbundenen Wechselwirkungen und Verflechtungen darstellbar werden. Bei Flächenentwicklungen konkurrieren jedoch viele der übergeordneten Nachhaltigkeitsziele. Die Reduzierung auf eine Zahl bzw. einen akkumulierten Gesamtwert darf daher nicht als alleiniges Bewertungsergebnis gesehen werden. Aussagekräftiger sind hier die Einzelauswertungen, bei denen alle Kriterien für jede Fläche aufgeführt werden. Durch sie werden die Rankings oder andere Entscheidungsprozesse sehr transparent, so dass Varianten bzw. Standorte ganzheitlich betrachtet werden können.

Die Qualität der gewonnenen Informationen ist durch die Einschätzung mittels kommunaler Experten sehr hoch: Als besonders positiv wird hierbei gesehen, dass Fachkenntnisse aus den verschiedenen Ressorts samt Erfahrungswerten in den Bewertungsteams direkt zusammengetragen werden. Durch die Kataloge liegt eine „Checkliste“ vor, durch die vermieden werden kann, dass wesentliche Aspekte für die Flächenentwicklung vergessen werden. Unsicherheiten und Fragen können im Bewertungsteam leicht geklärt werden.

## 5.2 Schlussfolgerungen und Übertragbarkeit

Mit Hilfe des Kriteriensystems war es im Rahmen der Projektanwendung möglich, eine Priorisierung und damit eine Vorauswahl geeigneter Flächen für das zu prüfende Fondsmodell vorzunehmen. Die ausgewählten Flächen wurden in einem weiteren Schritt noch einmal genauer hinsichtlich ihres Aufwertungspotenzials im Verhältnis zum jeweiligen Aktivierungsaufwand betrachtet, da für den Fonds hauptsächlich Flächen in Frage kommen, die einen hinreichenden Verkaufserlös versprechen.

Das Kriteriensystem wurde im Rahmen des Forschungsprojekts für einen sehr speziellen Zweck, nämlich die Auswahl von Fondsflächen, entwickelt. Die Anwendungsmöglichkeiten gehen aber darüber hinaus. Die Kriterien können zur Einschätzung der Nachhaltigkeit konkreter Vorhaben der Flächenentwicklung, einschließlich der Identifizierung möglicher Schwachstellen, zur Bewertung von Standortalternativen oder – in der übergeordneten strategischen Planung – für Schwerpunktsetzungen in der Stadtentwicklung eingesetzt werden. Die opera-





tionalisierten Nachhaltigkeitsziele bieten die Möglichkeit, Entscheidungsprozesse in der Verwaltung stärker an Aspekten der nachhaltigen Siedlungsentwicklung zu orientieren. Varianten bzw. Standorte können dadurch nachvollziehbarer diskutiert und eindeutiger an Nachhaltigkeitszielen gemessen werden.

Die Übertragung des Kriteriensystems auf andere Kommunen wird als relativ einfach eingeschätzt. Allerdings können Anpassungen an die örtlichen Bedingungen bzw. stadtpolitischen Zielsetzungen sinnvoll oder sogar notwendig sein. Der Aufwand bei der Anwendung hängt natürlich davon ab, wie viele Flächen bewertet werden sollen und welche Daten und Informationen zur Verfügung stehen bzw. erst beschafft und aufbereitet werden müssen. Der Aufwand bei der Anwendung des Kriteriensystems kann durch eine Verringerung der Zahl der Kriterien reduziert werden. Es ist aber immer kritisch zu prüfen, ob dadurch nicht für eine nachhaltige Flächenentwicklung wichtige Aspekte ausgeblendet werden.

Zum Abschluss des Projekts wird ein Leitfaden für Kommunen zur Anwendung des vorgestellten Kriteriensystems erstellt.

## Literatur

Muncke, Günter, Monika Walther und Maike Schwarte (2000): Standort- und Marktanalyse – Das Buch mit sieben Siegeln wird geöffnet, in: Immobilienzeitung. IZ – Tutorial: Standort- und Marktanalyse, Nr. 17, S. 11.

Schneider, Volker (2002): Grundstück-, Standort- und Marktanalyse, in: Schäfer, Jürgen, und Georg Conzen (Hrsg.): Praxishandbuch der Immobilien-Projektentwicklung, München, S. 47–67.

## Autorinnen und Autoren



*Dieter Behrendt*, Dipl.-Geogr., geb. 1964, Studium der Geographie, Stadt-/Landesplanung und Volkswirtschaft an der Universität Hannover, nach Tätigkeit im Progress-Institut für Wirtschaftsforschung, Bremen, und in der Gesellschaft für arbeitsorientierte, innovative Strukturentwicklung Sachsen-Anhalt, Magdeburg, seit 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter im ECOLOG-Institut gGmbH in Hannover;

E-Mail: [dieter.behrendt@ecolog-institut.de](mailto:dieter.behrendt@ecolog-institut.de)



*Silke Kleinhüchelkotten*, Dr. phil., geb. 1973, Studium der Angewandten Kulturwissenschaften an der Universität Lüneburg (Schwerpunkte: Geographie, Umweltwissenschaften, Medien- und Öffentlichkeitsarbeit), seit 1998 wissenschaftliche Mitarbeiterin, seit 2005 Projektleiterin im ECOLOG-Institut gGmbH in Hannover;

E-Mail: [silke.kleinhueckelkotten@ecolog-institut.de](mailto:silke.kleinhueckelkotten@ecolog-institut.de)



*Marlies Kloten*, Dipl.-Ing., geb. 1972, Studium der Landschafts- und Freiraumplanung an der Universität Hannover, nach Tätigkeiten in Planungsbüro und öffentlicher Verwaltung seit 2006 bei der Landeshauptstadt Hannover, Sachgebiet Flächennutzungsplanung, Arbeitsschwerpunkt: Nachhaltiges Flächenmanagement;

E-Mail: [Marlies.Kloten@Hannover-Stadt.de](mailto:Marlies.Kloten@Hannover-Stadt.de)



*H.-Peter Neitzke*, Dr. rer. nat., geb. 1950, Studium der Physik an der Universität Hannover, nach Tätigkeiten an den Universitäten Hannover und Aarhus, Dänemark, seit 1991 Geschäftsführer und Projektleiter im ECOLOG-Institut gGmbH in Hannover;

E-Mail: [Peter.Neitzke@ecolog-Institut.de](mailto:Peter.Neitzke@ecolog-Institut.de)

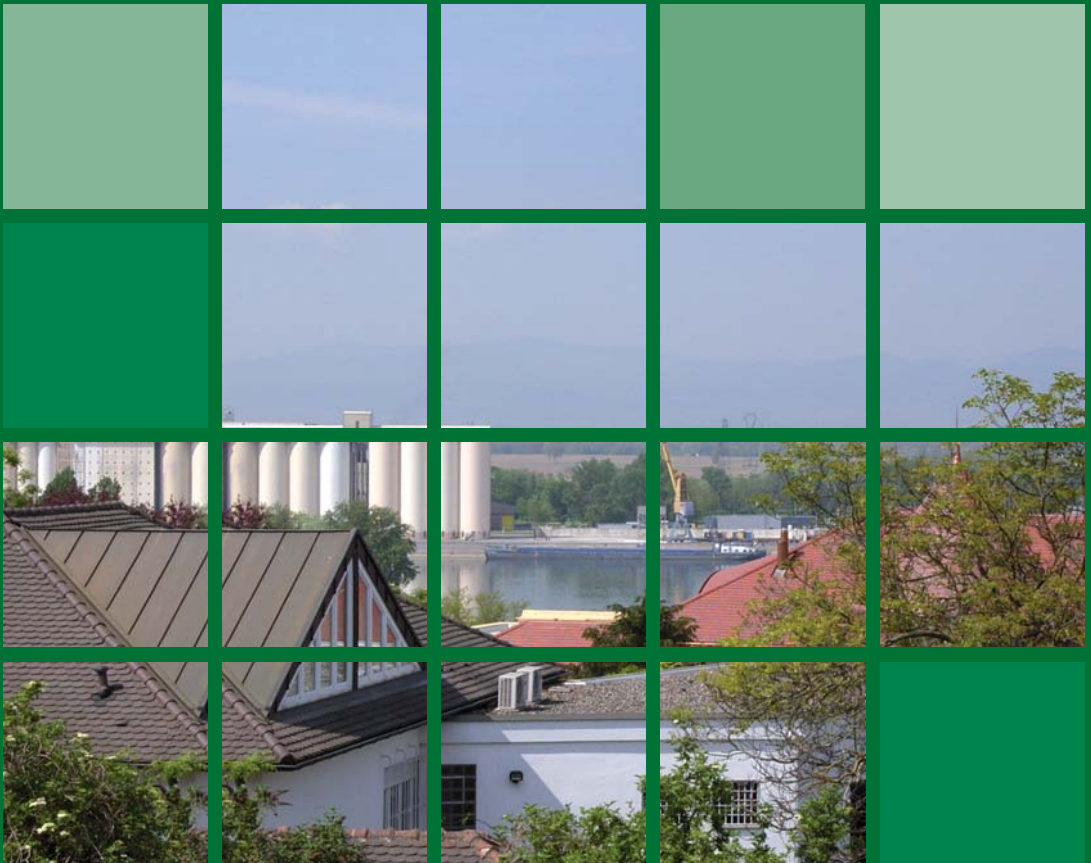


# 4

## Integrierende, ganzheitliche Bewertungsmethoden

### 4.2

#### Vergleichende Bewertung von Bauflächenpotenzialen





# Nachhaltige Wohnbaulandentwicklung – Ein Bewertungsrahmen für die Flächennutzungsplanung

Theo Kötter, Sophie Schetke, Benedikt Frielinghaus und Dietmar Weigt

## REFINA-Forschungsvorhaben: FIN.30 – Flächen intelligent nutzen

**Projektleitung:** Universität Bonn, Professur für Städtebau und Bodenordnung (psb)

**Modellraum:** Essen, Euskirchen, Erftstadt (Nordrhein-Westfalen)

**Projektlaufzeit:** 01.09.2006 bis 31.08.2009

**Projektwebsite:** [www.fin30.uni-bonn.de](http://www.fin30.uni-bonn.de)

Die Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen um ca. 106 ha pro Tag setzt sich trotz aller entgegen gesetzter Konzepte und Strategien ungebrochen zu Lasten des Freiraums fort. Städtebauliche Brachflächen im Innenbereich sowie bereits überplante Flächen bieten erhebliche Nutzungspotenziale, deren Mobilisierung aufgrund ökologischer, sozialer und vor allem ökonomischer Hemmnisse bislang nur unvollständig gelingt. Bestehende planerische, fiskalische und steuerliche Instrumente haben bisher die gewünschte Steuerungswirkung für eine nachhaltige Flächennutzung nur unzureichend entfalten können. Eine anhaltende Ausweitung und die Dispersion der Siedlungsstruktur führen langfristig zu erheblichen ökologischen und ökonomischen Belastungen für Städte und Gemeinden, die sich angesichts der demografischen Entwicklung noch dramatisch verschärfen werden. Die Flächensparziele des Deutschen Nachhaltigkeitsrats stellen zunächst Leitmarken dar, die jedoch eine praktische Umsetzung und empirische Herleitung ihrer quantitativen Zielmaßgaben vermissen lassen. Dies impliziert eine Bagatelisierung der Flächeninanspruchnahme und lässt Fragen planungspraktischer Handlungsansätze nach wie vor offen. Der Bewertungsrahmen FIN.30 greift dieses Dilemma auf und ermöglicht eine mehrdimensionale Bewertung einzelner Wohnbaupotenziale in allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit hinsichtlich ihres Beitrags zu einer ressourcenschonenden und wirtschaftlich tragfähigen Siedlungsentwicklung auf der strategischen Ebene des Flächennutzungsplans.

## 1. Zum Ansatz der intelligenten Flächennutzung und zur Methodik der Flächenbewertung

In Zusammenarbeit mit drei Partnerkommunen in Nordrhein-Westfalen (Stadt Essen, Stadt Erftstadt und Stadt Euskirchen) werden auf der Ebene des Flächennutzungsplans (FNP) dargestellte Wohnbaulandpotenziale hinsichtlich ihres Beitrags zu einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung bewertet. Gerade die Wohnbebauung stellt in allen Bundesländern Deutschlands den größten Faktor für die Freirauminanspruchnahme dar (vgl. [www.destatis.de](http://www.destatis.de); u.a. Stadt Erftstadt 1999), so dass es dringend erforderlich ist, den Bewertungsrahmen zunächst auf dieses Segment auszurichten (vgl. Kötter u.a. 2009b). Eine wesentliche Aufgabe bei der Operationalisierung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen besteht darin, die Praktikabilität, Entscheidungsrelevanz, Anwend-

barkeit und Kommunizierbarkeit der gewählten Kriterien und Indikatoren zu optimieren, so dass der Bewertungsrahmen für die Planungspraxis geeignet ist und in die Planaufstellung eines Flächennutzungsplans integriert werden kann. Deshalb mussten naturgemäß Abstriche bei der inhaltlichen Vollständigkeit und Konsistenz des Bewertungsrahmens gemacht werden. Vielmehr gilt es einen vertretbaren Kompromiss zwischen wissenschaftlichem Anspruch und planungspraktischer Relevanz zu finden. Dazu gehört unter anderem eine Datenbasis, die ausschließlich auf kommunalen Grundlagendaten basiert und zusätzliche Datenerhebung vermeidet. Die Einbettung des Bewertungsrahmens in ein praktikables und anwenderfreundliches Decision Support System (DSS) mittels einer programmierten Benutzeroberfläche für die kommunale Planung ist ein überaus wichtiger Bestandteil der Konzeption. Nicht zuletzt müssen zudem einerseits praktisch-technische Anforderungen hinsichtlich der Charakteristik einzelner Indikatoren (qualitativ/quantitativ) und andererseits deren räumlicher Bezug berücksichtigt werden.

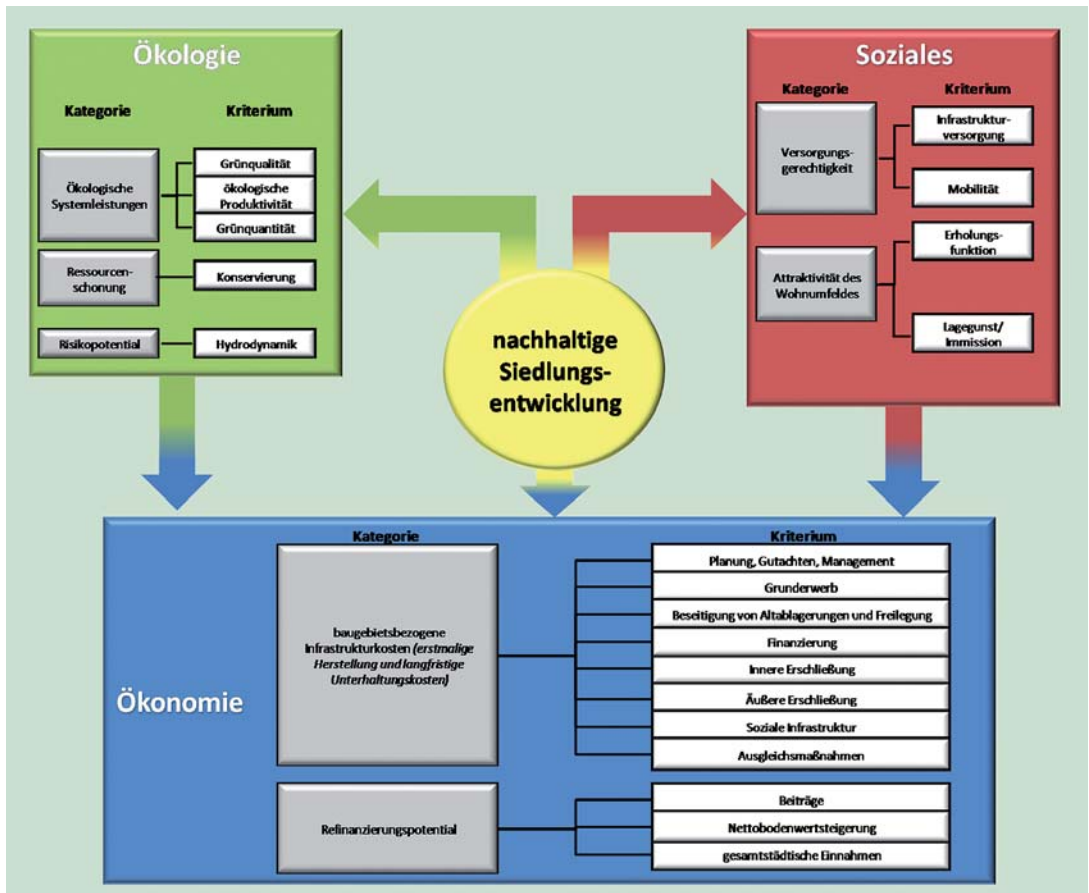
**Abbildung 1:**

Bewertungsrahmen des Forschungsprojektes FIN.30

### 1.1 Erläuterung der Methodik und des Aufbaus des Bewertungsrahmens

Quelle: Entwurf Frielinghaus und Schetke (2008).

Der Bewertungsrahmen, der sich aus einer Indikatormatrix und einer Anwenderoberfläche zusammensetzt, gliedert sich in vier Hierarchieebenen: Aus den drei







Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ebene 1) werden zunächst mehrere Kategorien (Ebene 2) und Bewertungskriterien (Ebene 3; siehe Abbildung 1) systematisch abgeleitet, die sowohl in qualitative als auch quantitative Indikatoren (Ebene 4) münden. Die Indikatorenauswahl und maßgebliche Schwerpunktsetzung des Bewertungsrahmens erfolgten in enger Abstimmung mit den kommunalen Vertreterinnen und Vertretern aus den Projektstädten Essen, Erfstadt und Euskirchen (Arbeitskreise, vierteljährlich) sowie Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft und Forschung (Expertenkreise, halbjährlich). Dies führte dazu, dass neben zahlreichen neuen Indikatoren auch einige Indikatoren aus der bestehenden Praxis zur Standortbewertung im Rahmen der Flächennutzungsplanung bestätigt und in den Bewertungsrahmen integriert sowie mit tragfähigen Datensätzen hinterlegt und formalisiert werden konnten. Im Rahmen der Konsultationen mit Externen aus Planung und Wissenschaft konnten wesentliche Fragen zur inhaltlich-methodischen Konzeption des Bewertungsrahmens beantwortet und dieser auf seine Konsistenz und Qualität überprüft werden.

## 1.2 Schwerpunkte der Dimension Ökologie

Die Bewertung der Dimension Ökologie und die Ableitung entsprechender Indikatoren erfolgen in drei Schwerpunktkategorien. Im Rahmen der ersten Kategorie „Ökologische Systemleistungen“ steht die Bewertung von Wohnbaulandpotenzialen angesichts der per se durch die Neuausweisung beanspruchten Ressourcen, Schutzgüter und Ökosystemfunktionen (vgl. de Groot u.a. 2002; Costanza u.a. 1997; Schetke u.a.) im Mittelpunkt. Hierbei werden die Kriterien Grünqualität, ökologische Qualität sowie Grünquantität (siehe Abbildung 1) umgesetzt durch Indikatoren wie z.B. die Grundwasserneubildungsrate einer Fläche zur Implementierung dezentraler Versickerungsanlagen, das Biotopbildungsvermögen oder die Inanspruchnahme von relevanten Biotopverbundflächen.

Die zweite Kategorie „Ressourcenschonung“ wird konkretisiert durch das Kriterium Konservierung, das die Inanspruchnahme schützenswerter Landschaftsbestandteile und unwiederbringlicher Ressourcen wie z.B. Schutzgebiete und hochqualitative Ackerböden und die mit ihnen verbundenen ökologischen Dienstleistungen durch Baulandausweisung abbildet. Schon auf der strategischen Planungsebene FNP soll transparent gemacht werden, welcher ökologische Nutzen durch unbedachte Baulandausweisung verloren geht und an welcher Stelle eine Wohnbaulandentwicklung angesichts ökologischer Einflussfaktoren am ehesten dem Gebot der Nachhaltigkeit entspricht.

Die dritte Kategorie „Natürliche Risikopotenziale“ forciert das Schaffen von Transparenz hinsichtlich externer, natürlicher Risiken in Bezug auf eine zusätzliche Baulandausweisung. Angesprochen werden hier die Lage künftiger Siedlungsflächen in hochwassergefährdeten Gebieten sowie das zunehmende Risiko durch Extremhochwässer. Des Weiteren werden in hydrologischer Sicht die unmittelbare, aktuelle Grundwasserbeeinflussung sowie sich langfristig verändernde Grundwasserregime (z.B. durch Aufgabe der Bergbautätigkeit) betrachtet und in die Standortbewertung einbezogen.

### 1.3 Schwerpunkte der Dimension Soziales

Die Dimension Soziales ist inhaltlich auf die Eignungsprüfung vorhandener Wohnbaupotenziale im Sinne der Lebens- und Wohnumfeldqualität ausgerichtet. „Lebensqualität“ („Quality of Life“) wurde in den letzten Jahren innerhalb unterschiedlicher Ansätze in der Wissenschaft vielfältig operationalisiert und diskutiert (vgl. Kötter u.a. 2009b; Jirón/Fadda 2000; Europäische Kommission Generaldirektion Regionalpolitik 2007; Santos/Martins 2007; Schetke u.a.). Die soziale Dimension wurde folglich in zwei Hauptkategorien untergliedert, die die Schwerpunkte der Indikatoreableitung bilden: „Versorgungsgerechtigkeit“ und „Qualität des Wohnumfeldes“. Während Erstere die Erreichbarkeit sozialer und technischer Infrastruktur abbildet, fokussiert die zweite Kategorie deutlich auf ausgewählte Determinanten der Lebensqualität wie das Vorhandensein adäquater Erholungsräume (vgl. Schetke/Haase 2008) sowie die Qualität des Wohnumfeldes, beeinflusst durch Emissionsbelastung (Lärm, Schadstoffe).

Die Erreichbarkeit von Einrichtungen sozialer Infrastruktur wird mit Hilfe städtebaulicher Erreichbarkeitsstandards bewertet (vgl. Schöning/Borchard 1992; Gälzer 2001). Es bleibt zu diskutieren, ob es angesichts der Pluralität von Lebensstilen sowie individuellen Nutzungspräferenzen und -gründen haltbar ist, an vergleichsweise starren städtebaulichen Entfernungsstandards festzuhalten. Ferner wird der Anspruch einer integrierten Stadtentwicklung und der Ausnutzung vorhandener Ressourcen erhoben, der impliziert, dass eine Baulandausweisung in der Nähe vorhandener Einrichtungen nicht nur die Standortqualität beeinflusst, sondern zudem eine kompakte und flächensparende Siedlungsentwicklung vorantreibt.

Unabhängig davon kommen in der Kategorie „Wohnumfeldqualität“ jene Indikatoren zum Tragen, die eine von Lebensstilen unabhängige Bewertung zulassen, und äußerliche Einflussfaktoren, die letztlich die subjektive Wahrnehmung des Wohnumfeldes maßgeblich bestimmen. Zusätzlich erfolgt mit der Abbildung möglicher Lärmbelastung oder dem Vorhandensein von Altablagerungen im Rahmen der Investitionskosten eine zusätzliche enge Verknüpfung mit der ökonomischen Dimension.

### 1.4 Schwerpunkte der Dimension Ökonomie

Die Bewertung innerhalb der Dimension Ökonomie erfolgt mit Hilfe eines integrierten städtebaulichen Kalkulationsmodells für die entscheidungsrelevanten standortbezogenen Kosten und Einnahmen (vgl. Kötter u.a. 2009a). Ziele des Kalkulationsbausteins sind die Schaffung von Kostentransparenz sowie das Offenlegen positiver und negativer ökonomischer Eigenschaften potenzieller Wohnbauflächen, so dass wirtschaftlich nicht optimale Flächenentwicklungen im Vorfeld identifiziert, reduziert, modifiziert oder vermieden werden können. Demnach stehen nicht die wirtschaftliche Entwicklung einer Stadt oder Gemeinde im Vordergrund, sondern die ökonomischen Effekte bestimmter Wohnbaulandentwicklungen (vgl. Kötter u.a. 2009b). Da die strukturelle Anlage und die räumliche Verteilung der Wohnbauflächen im Siedlungsgefüge einen wesentlichen Einfluss auf die ökonomischen Folgen haben (vgl. Ecoplan 2000), eignet sich gerade die Ebene des Flächennutzungsplanes für diese Aufgabenstellung. Vor allem die räumliche Lage der Flächen bestimmt neben ihrer Größe, der Bebauungsdichte etc. die erforderliche technische und soziale Infrastruktur. Als Datenbasis wurde eine ortsspezifische Kostenanalyse von



mehreren Bebauungsplänen in den Städten Essen, Erfstadt und Euskirchen durchgeführt. Die Auswahl der betrachteten Infrastrukturanlagen und -einrichtungen richtet sich nach der Trägerschaft der Kosten und der auftretenden Kostenarten. Da eine disperse Siedlungsstruktur zunächst den Gemeindehaushalt belastet, gilt es, kommunale Einrichtungen hinsichtlich ihrer Kostenrelevanz zu untersuchen sowie die Herstellungs- und Folgekosten abzuschätzen. Im Rahmen des Kalkulationsmodells werden daher sowohl technische (Straßen und Kanalisation) als auch soziale Infrastrukturen (Kindergärten, Grundschulen) erfasst.

Das zentrale Kriterium für die Auswahl der betrachteten Kosten und Einnahmen ist – wie bei allen Indikatoren der drei Dimensionen – die Entscheidungsrelevanz. Es werden daher vornehmlich diejenigen Kosten und Einnahmen erfasst, die standortspezifisch sind und daher erhebliche Unterschiede zwischen den verschiedenen potenziellen Wohnbauflächen aufweisen. Maßgeblich sind demzufolge individuelle Standorteigenschaften, wie z.B. Lage und Entfernung zum vorhandenen Siedlungsgebiet, Altablagerungen, Lärmbelastung, Hanglagen, Bodenart etc. (vgl. Gassner/Thünker 1992). In Bezug auf die „Standardwohnbaufäche“ werden standortspezifische Merkmale durch pauschale Zu- und Abschläge an den Kostenstandards für technische und soziale Infrastruktur angebracht. Neben den erstmaligen Herstellungskosten werden auch die jährlichen Unterhaltungskosten für einen Zeitraum von 15 Jahren berücksichtigt.

## 2. Anwendung des Bewertungsrahmens in der Flächennutzungsplanung

Für die Anwendung des Bewertungsrahmens wurde ein GIS-basiertes Decision Support System (DSS) erstellt. Die integrierte Bewertung aller drei Dimensionen beinhaltet ein breites Spektrum von Datengrundlagen und Indikatorarten (qualitativ und quantitativ), welche in unterschiedlichen Skalenarten (nominal, ordinal) vorliegen. Um eine Aggregation aller Indikatoren zu einer finalen Gesamtaussage zu ermöglichen, erfolgt zunächst eine Transformation in einheitliche rangskalierte Klassen (Werte 1, 2 und 3). Anschließend werden diese gewichtet und zu einer individuellen quantifizierten Gesamtaussage je Nachhaltigkeitsdimension zusammengefasst. Eine nachfolgende Summierung der dimensionsbezogenen, quantifizierten Gesamtaussagen ermöglicht in einem finalen Schritt ein Ranking aller Baulandpotenziale sowie die Übersetzung der Wertigkeiten in die drei genannten rangskalierten Eignungsklassen. Die Indikatorgewichtung wird durch die jeweiligen Anwender bzw. Entscheidungsträger vorgenommen. Die Bemessung der Indikatorausprägung zur Standortbewertung erfolgt einerseits anhand von lokalen Standards (vor allem im Bereich Ökonomie). Andererseits werden in weiten Bereichen Fachliteratur und rechtliche Grundlagen (z.B. DIN 18005 Lärmschutz im Städtebau) zur Ableitung entsprechender Referenzwerte hinzugezogen. Die Gesamtbewertung umfasst folgende Schritte:

### 2.1 Anwendung Ökologie

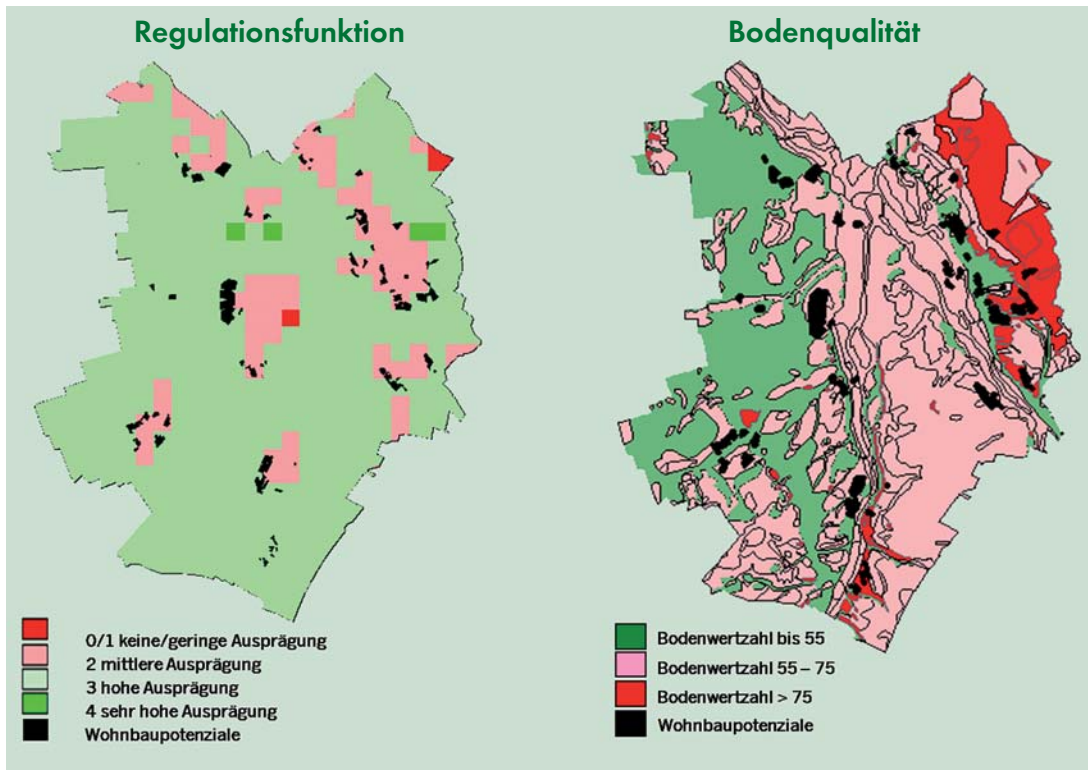
Die GIS-gestützte Ermittlung der Indikatorwerte erfolgt schwerpunktmäßig anhand einer lagegetreuen Verschneidung der Bauflächen mit den entsprechen-

**Abbildung 2:**

Indikatorbeispiele der Dimension Ökologie

Quellen: Datengrundlagen: Automatisierte Liegenschaftskarte, Rhein-Erft-Kreis (links) und © Geowissenschaftliche Daten: Geologischer Dienst NRW, Krefeld, 136/2006 (rechts).

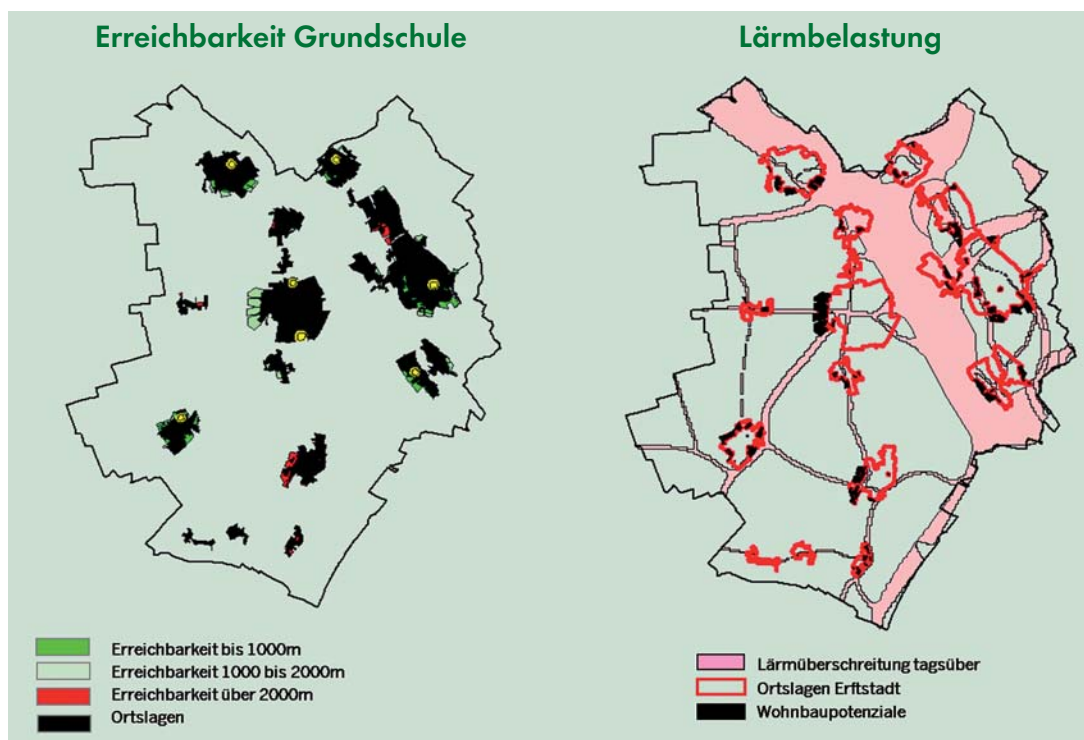
den Attributen der Eingangsdaten (Bodenkarte 1 : 50 000, Schutzgebietsdatenbanken, Hochwasserschutzgebiete etc.) (siehe Abbildung 2 ). Die Klassifizierung ergibt sich daraus, inwiefern die potenziellen Bauflächen die untersuchten Schutzgüter oder ökologisch wertvollen Landschaftsbestandteile nicht, teilweise oder vollständig in Anspruch nehmen. Somit können die relevanten Indikatorexpressionen objektiv ermittelt den Grundlagendaten entnommen und in das DSS eingegeben werden. Bei einzelnen Indikatoren ist jedoch eine geringfügige Überarbeitung der kommunalen Eingangsdaten (Automatisierte Liegenschaftskarte [ALK], Bodenkarte 1 : 50 000, Schutzgebietskataster, hydrologische Daten) unumgänglich. Dies betrifft vorrangig die Indikatoren der ersten Kategorie „Ökosystemfunktionen“, da hierbei eine zusätzliche Attributierung der Grundlagendaten hinsichtlich der ökologischen Leistungsfähigkeit der Landnutzungsklassen der ALK vorgenommen werden musste (siehe Abbildung 2).



## 2.2 Anwendung Soziales

Die Indikatoren der sozialen Dimension wurden weitestgehend GIS-gestützt durch Pufferanalysen (siehe Abbildung 3 links) erhoben. Hierbei galt es zu untersuchen, inwiefern die entsprechenden Bauflächen innerhalb, teilweise innerhalb oder außerhalb der städtebaulichen Erreichbarkeitsstandards zu bestehenden Einrichtungen der sozialen und technischen Infrastruktur (z.B. Kita, Grundschulen, ÖPNV) und zu erholungsrelevanten Freiflächen liegen (vgl. Schöning/Borchard 1992). Vorrangige Ziele sind die Auslastung und Nutzung vorhandener Infra-

struktureinrichtungen im Sinne einer flächensparenden und ökonomisch tragfähigen Siedlungsentwicklung. Aussagen zur weiteren Qualität des Wohnumfeldes (Emissionsbelastung, Image) konnten wiederum mittels einer GIS-gestützten Verschneidung (siehe Abbildung 3 rechts) von Grundlagendaten (hier: Vektordaten zur Geräuschbelastung, Kalkulation von Bodenpreisen) und Bauflächen getroffen werden.



**Abbildung 3:**

Indikatorbeispiele der Dimension Soziales

## 2.3 Anwendung Ökonomie

Die integrierte städtebauliche Kalkulation gliedert sich in die Bereiche Kosten und Refinanzierung. Der Kostenkalkulation liegen die stadtspezifischen empirisch ermittelten Kostenstandards zugrunde. Diese werden aufgrund der kostenrelevanten Standorteigenschaften, die sich aus einer breiten Datengrundlage (ALK, Bodenkarte, digitales Geländemodell, Geräuschscreening NRW etc.) entnehmen und in das Kalkulationsmodell übertragen lassen, standortspezifisch angepasst. Im Anschluss an die Ermittlung der Kosten mit Hilfe des DSS (siehe Abbildung 4) werden diese den Einnahmen gegenübergestellt. Dabei können zwei Baulandmodelle unterschieden werden (Angebotsmodell, Zwischenerwerbsmodell), die erhebliche Auswirkungen auf die ökonomische Gesamtbilanz haben.

Ein Vergleich der Herstellungskosten und der Barwerte der Folgekosten mit dem Bodenwert nach der endgültigen Baulandentwicklung (Endwert) führt zu einer Klassifizierung der Flächen hinsichtlich der Rentabilität der Entwicklung und Nutzung über 15 Jahre. Dabei werden Kalkulationsunsicherheiten durch einen zehnpromzentigen Sicherheitszuschlag berücksichtigt. Die Ergebnisse der Kalkulation

Quellen: Datengrundlagen: Schulentwicklungsplan Stadt Erfstadt (Stand 2002/2003); Geräuschscreening NRW (LANUV, Stand: 2002); Darstellung: Schetke (2009).

(rentabel, kostendeckend, unrentabel) lassen sich gemeinsam mit den Dimensionen Ökologie und Soziales zu einer ersten integralen Einschätzung des Standortes heranziehen.

#### Abbildung 4:

Eingabemaske der Standorteigenschaften und beispielhafte Darstellung der Ergebnisse des Kalkulationsmodells FIN.30

**Standorteigenschaften und Kalkulationsparameter**

notwendige Angaben zur Kalkulation:

Bruttoauland: 75.000 m<sup>2</sup>

Wohndichte (brutto): 15 WE/ha

ca. 15 WE/ha (Einfamilienhäuser)      ca. 20 WE/ha (Doppelhäuser)      ca. 30 WE/ha (Reihenhäuser)

Modell der Baulandentwicklung: deutsches Modell (Kommunale Ebene)

Bodenwert (beitragsfrei): 250 €/m<sup>2</sup>

Qualitätsstufe des Bodens: Agrarland

Wartezeit: 15 Jahre

Kalkulationsparameter

Erschließungskosten: 23 €/m<sup>2</sup>

Vermessungskosten: 5 €/m<sup>2</sup>

69,61 €/m<sup>2</sup>

Kreditzinssatz (November 2008): 4,20%

jährl. Bodenpreissteigerung: 2,38% Wohnbauland

Liegenschaftszinssatz: 5,50%

jährl. Baupreissteigerung (Januar 2008): 2,04% Tiefbau

Wohnbauland 2,24% Hochbau

**Berechnungen anhand der Angaben und empirischer Durchschnittswerte:**

|                        |                       |                                    |           |
|------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------|
| vorauss. Nettoauland   | 43.769 m <sup>2</sup> | vorauss. Anzahl WE                 | 113 WE    |
| durchschnittliche GRZ  | 0,35                  | geplante Wohndichte                | 2,5 EW/WE |
| vorauss. Straßenfläche | 7.846 m <sup>2</sup>  | vorauss. Einwohnerzahl             | 281 EW    |
| vorauss. Kanallänge    | 1.308 m               | voraussichtliche KiGa-/Schulplätze | 30 / 23   |

**Zusammensetzung der voraussichtlichen Kosten**

43,52%      18,99%      11,62%      8,04%      0,48%      2,92%      4,25%      4,20%

Planung, Gutachter, Management  
Grundenerwerb  
Altlasten  
Finanzierung  
innere Erschließung  
äußere Erschließung  
soziale Infrastruktur  
Ausgleichsmaßnahmen

**voraussichtlicher BW und Kosten**

€/m<sup>2</sup>

voraussichtlicher BW      Kostenpositionen

Ausgleichsmaßnahmen  
soziale Infrastruktur  
äußere Erschließung  
innere Erschließung  
Finanzierung  
Altlasten  
Grundenerwerb  
Planung, Gutachter, Management  
voraussichtlicher BW

Quelle: Entwurf Frielinghaus (2009).

### 3. Praxistest des Modells und Anwendung in der kommunalen Planungspraxis

Das DSS ermöglicht es, den vorgestellten Bewertungsrahmen im Rahmen der Flächennutzungsplanung zur GIS-gestützten Beurteilung von Wohnbaulandpotenzialen anzuwenden. Um die Einzelbewertungen in eine aggregierte Gesamtbewertung umzusetzen, wurde im Projekt FIN.30 eine Benutzeroberfläche programmiert. Sie ermöglicht eine objektivierte Flächenbewertung basierend auf kommunalen Grundlagendaten sowie eine standort- und leitbildspezifische Indikatorgewichtung. Das DSS wird daher Anforderungen unterschiedlicher Akteure gerecht und ist auch auf andere Kommunen übertragbar.

Die Programmierung erfolgt visual-basic-gestützt und wird aus MS Excel gestartet. Das Programm ermöglicht die Aggregation quantitativer und qualitativer Indikatoren. Zur Erprobung der Oberfläche wurde zusammen mit den Partnerkommunen ein Planspiel durchgeführt, in dem ausgewählte Potenzialflächen unter Nut-





zung des DSS bewertet wurden. Hierbei standen neben der Praktikabilität des Bewertungsrahmens vor allem die Entscheidungsrelevanz, Kommunizierbarkeit und Anwenderfreundlichkeit der Oberfläche im Fokus. Zentrale Anforderungen seitens der Kommunen sind Übersichtlichkeit, Praktikabilität, die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse in einem Flächenbericht sowie ein stadtweites Ranking der Baulandpotenziale.

Die Anwendung erfolgte unter Anleitung der Projektbearbeiter mit Hilfe eines Leitfadens und hatte zunächst die konkrete Bewertung einzelner Baulandpotenziale sowie die weitere Anpassung des DSS an die Anforderungen der Praxispartner zum Ziel. Die programmiertechnische Lösung mit dem visual-basic-gestützten Oberflächendesign fand große Akzeptanz, reduzierte Berührungsängste und forciert eine rasche Anwendung. Der Umfang der Dateneingaben und der abzu prüfenden Indikatoren wurde in diesem ersten Praxistest positiv gewertet.

#### 4. Fazit

Der Ansatz des Forschungsprojekts FIN.30 gibt Einblick in die anwender- und praxisgerechte Bewertung neuer Wohnbaulandpotenziale hinsichtlich ihres Beitrags zu einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung auf der strategischen Ebene des Flächennutzungsplans. Ein praktikables und komprimiertes Indikatorenset sowie die Bereitstellung eines Decision Support Systems (DSS) ermöglichen die rasche Implementierung in die kommunale Planung. Im Rahmen einer projektbegleitenden, engen Zusammenarbeit mit Vertreterinnen und Vertretern aus Forschung und kommunaler Planungspraxis bei der Indikatorenauswahl sowie ersten erfolgreichen Praxistests des DSS in den Partnerkommunen wurden die formulierten quantitativen Flächensparziele in ein greifbares Werkzeug zur strategischen Wohnbaulandbewertung im Sinne einer ressourcen- und flächenschonenden Siedlungsentwicklung umgesetzt.

#### Literatur

- Costanza, Robert, Ralph d' Arge, Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Shahid Naeem, Robert V.O. O'Neill, Jose Paruelo, Robert G. Raskins, Paul Sutton und Marjan van den Belt (1997): The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital, in: *Nature* 387, S. 235–260.
- De Groot, Rudolf, Matthew A. Wilson und Roelof M. J. Boumans (2002): A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services, in: *Ecological Economics* 41, S. 393–408.
- Dosch, Fabian (2003): Flächeninanspruchnahme und Flächenrecycling in Deutschland, in: Stephan Tomerius u.a. (Hrsg.): Finanzierung von Flächenrecycling, Dokumentation des 1. deutsch-amerikanischen Workshops „Economic Tools for Sustainable Brownfield Redevelopment“ am 11./12.11.2002 in Charlotte, North Carolina, Berlin.
- Ecoplan (2000): Siedlungsentwicklung und Infrastrukturkosten, im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung der Schweiz (ARE), Schlussbericht, Bern.
- Europäische Kommission Generaldirektion Regionalpolitik (2007): Meinungsbe fragung zur Lebensqualität in 75 europäischen Städten.

- Gälzer, Ralf (2001): Grünplanung für Städte, Stuttgart.
- Gassner, Edmund, und Heinrich Thünker (1992): Die technische Infrastruktur in der Bauleitplanung, Berlin (Institut für Städtebau der deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung).
- Jirón, Paola, und Guliotta Fadda (2000): Gender in the Discussion of Quality of Life vs. Quality of Place, in: Open House International 25 (4).
- Kötter, Theo, Benedikt Frielinghaus, Dietmar Weigt und Ludger Risthaus (2009a): Kostenoptimierung in der Flächennutzungsplanung. Ein Kalkulationsmodell für die Bewertung potenzieller Wohnbauflächen, in: Folgekosten der Siedlungsentwicklung. Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung, Berlin (Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA, Band III), S. 133–145.
- Kötter, Theo, Dietmar Weigt, Benedikt Frielinghaus und Sophie Schetke (2009b): Nachhaltige Siedlungs- und Flächenentwicklung – inhaltliche und methodische Aspekte der Erfassung und Bewertung, in: Hepperle, Erwin, und Hans Lenk (Hrsg.): Land Development Strategies: Patterns, Risks, and Responsibilities, Zürich (ETH), S. 61–83.
- Santos, Luis D., und Isabel Martins (2007): Monitoring Urban Quality of Life: The Porto Experience, in: Social Indicators Research, Jg. 80, S. 411–415.
- Schetke, Sophie, und Dagmar Haase (2008): Multicriteria Assessment of Socio-environmental Aspects in Shrinking Cities. Experiences from Eastern Germany, in: Environmental Impact Assessment Review 28 (7), S. 483–503.
- Schetke, Sophie, Dagmar Haase und Jürgen Breuste: Green Space Benefits under Conditions of Uneven Urban Land Use Development (eingereicht in: Land Use Science, Taylor & Francis).
- Schöning, Georg, und Klaus Borchard (1992): Städtebau im Übergang zum 21. Jahrhundert, Stuttgart.
- Stadt Erftstadt (1999): Erläuterungsbericht zum Flächennutzungsplan. [www.destatis.de](http://www.destatis.de) (Zugriff am 25.02.09).

## Autorin und Autoren



Theo Kötter, Prof. Dr.-Ing., Studium des Vermessungswesens an der Universität Bonn mit Schwerpunkt Städtebau und Bodenordnung, seit 2003 Professur für Städtebau und Bodenordnung, zugleich geschäftsführender Direktor des Instituts für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn, Gastprofessur an der Technischen Universität von Xuzhou, China, Fachbereich für Architektur und Stadtplanung;  
E-Mail: [tkoetter@uni-bonn.de](mailto:tkoetter@uni-bonn.de)



Sophie Schetke, Dipl.-Geogr., 2000 bis 2006 Studium der Geographie an der Universität Leipzig (Nebenfächer: Meteorologie, Geologie) mit Schwerpunkt Physische Geographie und Stadtökologie, 2003 bis 2004 Studium der Geoökologie und Stadtplanung an der Universiteit van Amsterdam, seit 2006 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Städtebau und Bodenordnung, Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn,



Arbeitsschwerpunkte: Stadtentwicklung, Stadtökologie, Multikriterienanalyse, Decision Support Systems, Quality of Life;  
E-Mail: schetke@uni-bonn.de



*Benedikt Frielinghaus*, Dipl.-Ing., Studium der Geodäsie an der Universität Bonn mit Schwerpunkt Städtebau und Bodenordnung, seit 2006 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Städtebau und Bodenordnung der Universität Bonn mit Forschungsschwerpunkt „Kostengünstige Siedlungsflächenentwicklung“;  
E-Mail: frielinghaus@uni-bonn.de



*Dietmar Weigt*, Verm.-Ass. Dipl.-Ing., Studium der Geodäsie an der Universität Bonn mit Schwerpunkten Städtebau und Bodenordnung/Bodenwirtschaft, seit 2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Städtebau und Bodenordnung der Universität Bonn;  
E-Mail: dweigt@uni-bonn.de

## Regionales Portfoliomanagement: Wohlfahrtsökonomische Flächen- und Standortbe- wertung für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung

*Gottfried Lennartz, Anke Ruckes, Timo Heyn, Philipp Schwede, Sebastian Hein, Andreas Vater und Andreas Toschki*

### **REFINA-Forschungsvorhaben: Regionales Portfoliomanagement**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Projektleitung:</b>      | Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (RWTH Aachen University)  |
| <b>Verbundpartner:</b>      | empirica, Qualitative Marktforschung, Stadt- und Strukturforchung GmbH (Bonn); gaiac, Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung e.V. (An-Institut der RWTH Aachen) |
| <b>Kooperationspartner:</b> | Regionaler Arbeitskreis Entwicklung, Planung und Verkehr (rak) der Region Bonn, Rhein-Sieg, Ahrweiler   |
| <b>Modellräume/-städte:</b> | Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler  |
| <b>Projektlaufzeit:</b>     | 2008 bis 2010   |
| <b>Projektwebsite:</b>      | <a href="http://www.isb.rwth-aachen.de">www.isb.rwth-aachen.de</a>  |

### 1. Projektrahmen

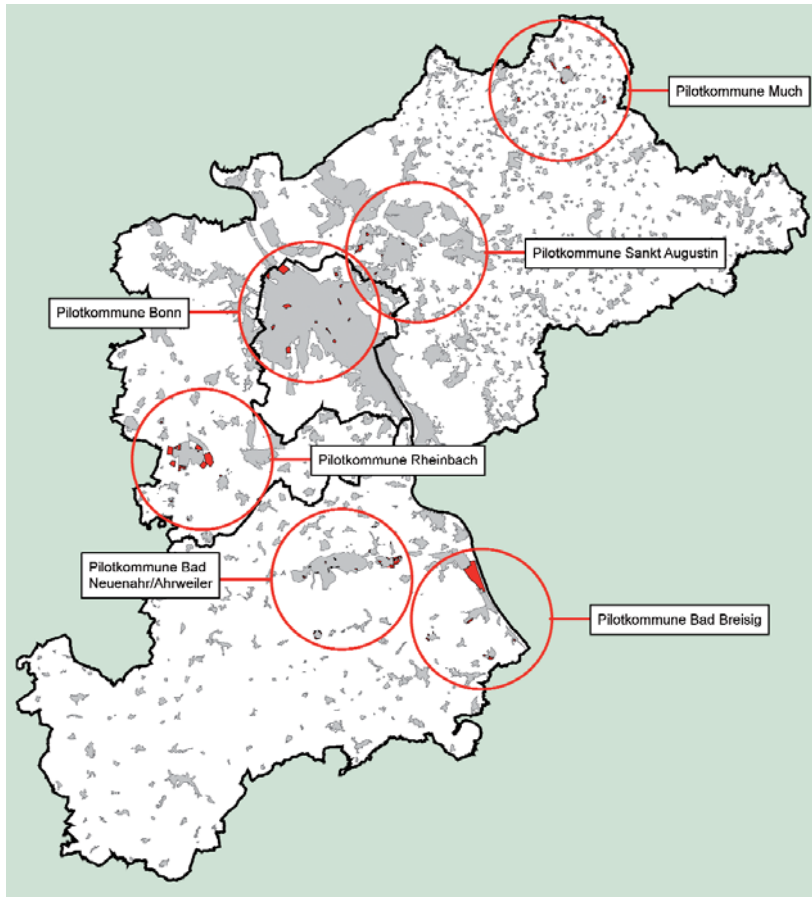
Im Rahmen des Forschungsvorhabens Regionales Portfoliomanagement werden die Wirkungen der Flächennutzungen wohlfahrtsökonomisch betrachtet. Bewertungskriterien sind neben den Belastungsstufen der inneren und äußeren Erschließung, der sozialen Infrastruktur und den ökologischen Wirkungen auch der privatwirtschaftliche Nutzen sowie stadtentwicklungspolitische Umfelfeffekte. Durch die Umsetzung der einzelnen Bewertungskriterien in ein GIS-gestütztes Kalkulationstool können unterschiedliche zukünftige Möglichkeiten der Siedlungsentwicklung monetär miteinander verglichen werden. Dieser Vergleich soll die erforderlichen Entscheidungsfindungen im Sinne einer regionalen, nachhaltigen Siedlungsentwicklung unterstützen.

Die Praktikabilität der Bewertungssystematiken wird am Beispiel der Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler erprobt. Da das Kalkulationstool auf dem bestehenden Informationssystem der Wohnregion Bonn aufbaut, wird es hierdurch den Kommunen ermöglicht, einzelne Flächen bzw. Nutzungsvarianten im Hinblick auf ihre ökologischen, verkehrlichen und finanziellen Konsequenzen zu bewerten. In dem Beitrag werden die ersten Ergebnisse der Monetarisierung vorgestellt. Diese Ergebnisse wurden durch die Anwendung der einzelnen Bewertungssystematiken auf 78 Testflächen innerhalb der Modellregion ermittelt.



## 2. Charakteristika der potenziellen Baulandflächen

Zur Entwicklung und Erprobung der einzelnen Bewertungssystematiken wurden in Abstimmung mit der Modellregion sechs Pilotkommunen ausgewählt, die jeweils potenzielle Baulandflächen (Potenzialflächen) benannten (vgl. Abbildung 1).



**Abbildung 1:**

Lage der Pilotkommunen und Testflächen in der Modellregion Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler

Quelle: Forschungsverbund.

Die Charakteristika der „Testflächen“ ergeben sich zum einen durch deren spezifische Eigenschaften und zum anderen durch die Lage in der jeweiligen Pilotkommune. Die Pilotkommunen bilden die Situation in der Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler ab. Es wurde bei der Auswahl darauf geachtet, dass alle drei Kreise sowie die beiden Bundesländer vertreten sind. Zudem wurden in das Portfolio kleine und große Kommunen sowie ländliche und städtische Kommunen aufgenommen. Insgesamt ergaben sich 78 Testflächen, die neben den bestehenden auch zukünftige Flächenpotenziale abbilden. Die Testflächen unterscheiden sich durch folgende Kriterien, wobei eine Fläche ein oder mehrere Kriterien aufweisen kann (vgl. Abbildung 2):

- (1) Lage in der Region (Kernstadt und Umland),
- (2) Lage im Siedlungskörper („Innen- und Außenbereich“),
- (3) Bebauungsdichte (abhängig von der Kommune),
- (4) Flächengröße, Versiegelungsgrad und ökologische Ausgangsqualität.

**Abbildung 2:**Portfolio potenzieller  
BauflächenQuelle: Forschungsinstitut  
gaia.

Gruppiert man die Testflächen nach ihrer Lage (außen = Stadt-/Ortsrandlagen ohne vorhergehende Baunutzung, innen = Flächen im bebauten Bereich, Flächen mit Baunutzung) sind in diesem Sinne 56 Flächen dem Außenbereich und 22 Flächen dem Innenbereich zuzuordnen. Von den Innenbereichsflächen weisen zwölf Flächen einen Versiegelungsgrad von mehr als 25 Prozent auf, fünf Flächen besitzen einen Versiegelungsgrad von fünf bis 25 Prozent, und fünf Flächen sind unversiegelt. Dagegen zeigen die Außenbereichsflächen überwiegend geringe Versiegelungsgrade, d.h., von den insgesamt 56 Flächen besitzen nur 13 Flächen Versiegelungsgrade größer als fünf Prozent. Diese Gruppierung der Testflächen ist vor allem für die Ermittlung der ökologischen Kosten relevant. Für die Kosten der inneren und äußeren Erschließung sowie der sozialen Infrastruktur sind, neben der Lage in der Region und im Siedlungskörper, die Bebauungsdichte und die Flächengröße relevant. Entscheidend für die Kosten der Grundstücksaufbereitung ist die Vornutzung einer Fläche. Flächen mit einem Versiegelungsgrad größer 25 Prozent werden im Rahmen des Projektes als Recyclingflächen kategorisiert. Neben den Charakteristika der einzelnen Testflächen im Ausgangszustand (Ist-Zustand) ist zur Anwendung der Bewertungssystematik zudem die vorgesehene Flächennutzung (Soll-Zustand) notwendig. Für alle Testflächen wurden entsprechend den zuvor empirisch in der Region abgeleiteten Nutzungskennziffern (Siedlungsflächenentwicklungen der Vorjahre) jeweils regional angepasste Nutzungsoptionen entwickelt. Sofern die Kommunen differenziertere Aussagen zu den vorgesehenen Nutzungsszenarien der jeweiligen Fläche machen konnten, wurden diese anstelle der abgeleiteten Nutzungsoptionen verwendet. Neben der Nutzung von Flächen für Wohnzwecke werden auch gewerbliche Flächennutzungen betrachtet.





### 3. Kosten und Nutzen der Inanspruchnahme potenzieller Baulandflächen

Im Folgenden werden die Kosten und Nutzen in Bezug auf Privatwirtschaft, Infrastruktur und Ökologie dargestellt. Hierbei geht es vor allem um die Erläuterung der Kostenspannen in Abhängigkeit von den Kenngrößen der potenziellen Baulandflächen. Detaillierte Informationen über die jeweils angewandten Bewertungsmethoden können Ruckes u.a. (2009) entnommen werden.

#### 3.1 Privatwirtschaftliche und stadtentwicklungspolitische Kosten und Nutzen

##### *Lagewert für baureifes Land*

Ausgangspunkt baulicher Investitionen ist häufig der räumliche Vergleich der Kosten für ein benötigtes Stück Land. Damit kann dem Lagewert eine zentrale Bedeutung als Indikator der privatwirtschaftlichen Wertschätzung eines Grundstücks zugeschrieben werden.

Allerdings sind Informationen über den Lagewert für baureifes Land in den seltensten Fällen flächendeckend verfügbar. empirica hat ein Modell entwickelt, auf dessen Grundlage eine flächendeckende Schätzung von Lagewerten ermöglicht wird. Auf Basis einer Stichprobe hedonisch bereinigter Angebotsmieten wurden für das gesamte Untersuchungsgebiet kleinräumige Mietpreiszonen ermittelt (Kriging). Die räumliche Variation der Mieten wurde anschließend mit den Streuungsmaßen und den Mittelwerten der Bodenrichtwertsammlungen ins Verhältnis gesetzt. So konnte allen Siedlungsflächen sowie künftigen Potenzialflächen der Region kleinräumig ein Lagewert zugewiesen werden. Den beteiligten Akteuren und Planern steht somit flächendeckend ein Lagewert zur Verfügung, den sie unmittelbar aus dem Tool abrufen und für Planungsleistungen verwenden können.

##### *Impulseffekte im Umfeld*

Bauliche Investitionen können in ihrem Umfeld Effekte auslösen. Nachbarschaften, die sich im Verhältnis zum kommunalen Durchschnitt schwächer entwickeln, können durch neue Wohnangebote in ihrer Entwicklung stabilisiert werden. In Nachbarschaften, die sich gegenüber dem kommunalen Durchschnitt stärker entwickeln, spielen derartige Effekte dagegen eine eher geringe Rolle. Negative Umfeldeffekte für Wohnnutzungen können z.B. von gewerblichen Nutzungen im unmittelbaren Nahbereich entstehen. Weder positive noch negative Effekte können allerdings im Einzelnen ex ante erfasst oder gar monetarisiert werden. Zudem gibt es bislang zu wenig empirisch fundierte Daten, die eine Modellierung der Effekte mit dem Anspruch untermauern könnten, eine komplexe Wirkungsanalyse zu ermöglichen. Daher greift der Modellansatz im Rahmen des Portfoliomanagements die grundlegende Logik auf, dass Wohninvestitionen in einem schwächeren Wohnumfeld eher stabilisierend und somit stadtentwicklungspolitisch positiv wirken und dass Wohninvestitionen in einem stärkeren Wohnumfeld eher neutral wirken, während die zu erwartenden Emissionen gewerblicher Nutzungen negative Umfeldwirkungen im Nahbereich erzeugen können. Diese Grundlogik wird auf die konkrete kleinräumige Ausgangssituation im Umfeld der zu betrachtenden Potenzialflächen projiziert. Hierzu werden die Umfeldeffekte mit den folgenden Grundannahmen durch ein geostatistisches Modell simuliert:

1. Wohnungsbauinvestitionen zeigen Wirkungen auf ihr Umfeld (z.B. Stabilisierung der Sozialstruktur, Steigerung der Investitionsbereitschaft im umliegenden Bestand etc.).
2. Größere räumliche Nähe zur umliegenden Wohnbebauung führt zu größeren Effekten.
3. Die Summe der Effekte ist abhängig von der Anzahl der Wohneinheiten, die im Umfeld einer Flächeninvestition liegen.
4. Je größer die Investitionen, desto stärker die Auswirkungen auf ihr Umfeld.
5. Gewerbeinvestitionen (emittierendes Gewerbe) zeigen meist negative Wirkungen auf die direkte Nachbarschaft (erhöhte Lärmbelastung, erhöhte Umweltbelastung, erhöhtes Verkehrsaufkommen etc.).

Schwerpunkt der Modellierung bilden Wohnbauinvestitionen, da emittierendes Gewerbe in der Regel nicht mehr in direkter Nachbarschaft zu Wohnbebauungen angesiedelt wird. Die Grundannahmen 1–4 werden im Modell in Form der erwarteten Mietpreisentwicklung im Umfeld einer Wohnimmobilieninvestition simuliert (vgl. A–D).

- A) In Abhängigkeit vom relativen Preisniveau einer Baufläche wird der Preis einer Wohnimmobilie automatisch geschätzt. Grundlage dieser Schätzung bildet eine Regressionsanalyse. Ergebnis dieser Analyse ist unter anderem, dass der Preis von Neubauobjekten im Verhältnis zum Bestand negativ mit den relativen Preisen von Bestandsobjekten (Abweichung vom jeweiligen städtischen Mittelwert) korreliert. In preislich günstigeren Gebieten erzielt eine Neubauinvestition somit einen höheren Effekt als in preislich teureren Gebieten – vgl. 1 (Stabilisierungswirkung).
- B) Der räumlich verortete Preispunkt der Investition wird in das Preismodell zur Bodenwertermittlung integriert. Die Reichweite des Ausstrahlungseffekts der Investition ergibt sich aus dem Interpolationsmodell und wird je nach Investitionsvolumen (Anzahl Wohneinheiten) modifiziert – vgl. 4.
- C) In der simulierten Ausstrahlungszone werden die Mietpreisaufschläge (preisliche Differenz – Mietpreis je  $\text{m}^2$  zwischen den Zeitpunkten T0 und T1) mit der Anzahl der betroffenen Wohneinheiten und deren durchschnittlicher Wohnfläche multipliziert – vgl. 2 und 3.
- D) Die Gesamtmietpreissteigerung im Umfeld (für den angenommenen Zeitraum von fünf Jahren), als Indikator für die Positivwirkungen aus 1–4, wird auf den Quadratmeter Bruttobauland zurückgerechnet. Das Ergebnis stellt den Umfeldeffekt einer Flächeninvestition dar, der nun in Bezug zu anderen monetarisierten Wirkungen gestellt werden kann. Die Bandbreite der an den bisherigen Testflächen modellierten Umfeldeffekte durch Wohninvestitionen liegt in einer Größenordnung von 0 bis 28 Euro je  $\text{m}^2$  Bruttobauland der jeweiligen Potenzialfläche (mit der jeweiligen Nutzungsoption). Dem Nutzer des Tools ist es damit möglich, Flächeninvestitionen im Hinblick auf ihre marktstabilisierende Wirkung untereinander zu vergleichen.

### 3.2 Infrastrukturelle Kosten

Zu den infrastrukturellen Kosten werden im Regionalen Portfoliomanagement neben der inneren Erschließung die äußere Erschließung und die soziale Infrastruktur zusammengefasst.



### Innere Erschließung

Unter infrastrukturellen Investitionskosten der inneren Erschließung werden die Kosten verstanden, die innerhalb eines Baugebietes für die Aufbereitung der Flächen entstehen. Hierzu zählen die „klassischen inneren Erschließungskosten“, die in jedem Baugebiet anfallen, und die „weiteren Grundstücksaufbereitungskosten“, die von standortspezifischen Voraussetzungen abhängig sind. Bei der „klassischen inneren Erschließung“ werden Kosten für verkehrliche und technische Erschließung (Energieversorgung, Wasserver- und -entsorgung) sowie Kosten für die Anlage von Grünflächen berücksichtigt. Zusätzlich werden Kosten für die Planung, Finanzierung und Vermarktung der Gebiete einkalkuliert. Auf Grundlage der Analyse der Erschließungskosten von 35 realisierten Wohnbaugebieten wurde für Wohngebiete ein durchschnittlicher Kostenkennwert von 86 Euro je m<sup>2</sup> Nettobauland ermittelt. Für Gewerbegebiete gehen wir von einem Wert von 77 Euro je m<sup>2</sup> Nettobauland aus, der sich durch durchschnittlich geringere Erschließungsstandards ergibt. Bei schwer lösbaaren Böden der Potenzialflächen und damit absehbar teureren Bodenarbeiten werden außerdem Zusatzkosten in Höhe von fünf Prozent auf die Gesamtsumme der inneren Erschließungskosten angerechnet. Unter den „weiteren Grundstücksaufbereitungen“ werden Kosten für erforderliche Altlastensanierung (Boden und gegebenenfalls Grundwasser), Lärmschutzmaßnahmen (aktiver und/oder passiver Lärmschutz), Hochwasserschutzmaßnahmen und den Rückbau von technischer Infrastruktur berechnet. Sofern Bestandsgebäude auf den Potenzialflächen bestehen, werden Abrisskosten für die Gebäude berechnet. Alternativ können zudem für Büro- oder Wohngebäude die Mehrkosten bzw. die Kostenersparnisse ermittelt werden, die durch die Sanierung der Gebäude im Vergleich zum Neubau eines vergleichbaren Objektes entstehen. Bei unter Denkmalschutz stehenden Wohn- und Bürogebäuden werden Sanierungskosten und Zusatzkosten für den Denkmalschutz berechnet. Bei ehemals militärisch genutzten Liegenschaften besteht darüber hinaus die Möglichkeit, die Umnutzungskosten zu Wohn- oder Gewerbebezwecken zu ermitteln.

In der Untersuchungsregion wurden anhand konkreter Beispielflächen die infrastrukturellen Investitionskosten je Fläche berechnet. Das Kostenspektrum reicht hier von ca. 50 Euro bis zu rund 300 Euro je m<sup>2</sup> Bruttobauland. Im günstigsten Fall entstehen nur Kosten für die innere Erschließung. Im teuersten Fall entstehen neben den klassischen inneren Erschließungskosten auch noch Kosten für die Bodensanierung der Potenzialflächen aufgrund von Altlasten.

Neben den infrastrukturellen Investitionskosten werden die jährlichen Betriebskosten, die durch die Infrastrukturbereitstellung anfallen, berücksichtigt. Es werden Kosten für die Instandhaltung der Verkehrsflächen, der Straßenentwässerung, der Straßenreinigung, für die Pflege der Grünflächen und Kosten für die Straßenbeleuchtung berücksichtigt. Pro m<sup>2</sup> Nettobauland entspricht dies einem durchschnittlichen Kostenwert von 0,6 Euro pro Jahr.

Das Tool ermöglicht den Planern und beteiligten Akteuren, sich die infrastrukturellen Investitionskosten je Fläche unter Angabe weniger Parameter differenziert berechnen zu lassen.

### Äußere Erschließung

Der äußere Erschließungsaufwand für die betrachteten Erschließungsnetze (Abwasser, Individualverkehr und öffentlicher Verkehr) ergibt sich aus der Lage der Baulandflächen zu den Anbindungspunkten in den vorhandenen Netzen.

Die Lage der Anknüpfungspunkte hängt maßgeblich von der Größe der Fläche und von der Bebauungsdichte ab. Dies bedeutet, dass größere Baulandflächen mit einer größeren Wahrscheinlichkeit an Abschnitte des Bestandsnetzes angeschlossen werden als kleine Baulandflächen. Die bisherigen Auswertungen der Testflächen lassen einen Zusammenhang mit der Größe der Siedlungsmaßnahme erkennen (in Abhängigkeit von Flächengröße und Bebauungsdichte). Andere Forschungsprojekte bestätigen dies und konnten nachweisen, dass Kosten für die äußere Erschließung erst ab einer Größe von 50 bzw. 90 Wohneinheiten anfallen (vgl. ILS 2008; Gutsche 2003).

Neben der Bebauungsdichte und der Flächengröße hängen die Kosten der äußeren Erschließung maßgeblich von der Lage der Siedlungsflächen ab. Es zeigt sich, dass gut integrierte Standorte zu geringeren Kosten bei der äußeren Erschließung führen. Besonders deutlich wird dies bei Nachverdichtungen im geringeren Umfang. Diese zeichnen sich durch einen besonderen Kostenvorteil aus, da ihr Anschluss an den bestehenden Siedlungskörper weniger kompliziert ist als bei größeren Nachverdichtungen und Brachflächenentwicklungen innerhalb des Siedlungskörpers.

In der Literatur sind Angaben zu den Kosten der äußeren Erschließung von Wohn- und Gewerbegebieten selten vorzufinden. Grund dafür ist unter anderem die große Breite der Kosten. Die Kosten können meist nur auf den Einzelfall bezogen geschätzt werden. In diesem Stadium des Forschungsprojektes können deshalb nur pauschalisierte Werte angegeben werden, die sich an den Kostenangaben für die Wohngebiete in der Gemeindebefragung von Gutsche (2003) orientieren. Es werden dort für die äußere Erschließung einschließlich Entwässerung Kosten ermittelt, die vom Integrationsgrad der Fläche in den Siedlungsbestand und der Bebauungsdichte abhängen. Umgerechnet auf den Quadratmeter ergeben sich ungefähre Werte zwischen sechs und zehn Euro je m<sup>2</sup>. Für den öffentlichen Verkehr liegen zum jetzigen Zeitpunkt keine Veröffentlichungen zu Kostenabschätzungen vor. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden deshalb die zuständigen Fachplaner in den Kommunen kontaktiert, um den äußeren Erschließungsaufwand für die Netze Verkehr und Abwasser abzuschätzen.

Entscheidend für die Kostenbetrachtung Verkehrsnetze auf regionaler Ebene sind die kumulativen Kosten. Hierunter fallen Kosten, die nicht durch die Entwicklung einer einzelnen Fläche entstehen, sondern durch die Entwicklung eines Flächenszenarios. Im Forschungsprojekt können diese Kosten für den öffentlichen Verkehr (ÖV) quantifiziert werden. Beim Individualverkehr bietet das Berechnungstool die Möglichkeit, Verkehrsknoten anzuzeigen, an denen vermutlich Ausbaubedarf besteht und somit Kosten anfallen können. Die genaue Kostenermittlung unterliegt dann einer Einzelfallbetrachtung. Die bisherigen Testrechnungen zum ÖV zeigen, dass bei nur drei Flächen direkte Kosten aus der Baulandentwicklung entstehen. Diese Flächen sind durch eine Größe von mindestens 20 Hektar gekennzeichnet und befinden sich in einer nicht-integrierten Lage. Die kumulativen ÖV-Kosten, die durch ein Flächenszenario entstehen, liegen in einem Spektrum zwischen 0 und 40 Euro je m<sup>2</sup>.

### Soziale Infrastruktur

Im Rahmen des Forschungsprojektes stellt sich die Frage, welche und wie viel soziale Infrastruktur mit der Entwicklung von Baulandflächen für Wohnen benötigt werden. Unter dem Begriff „soziale Infrastruktur“ werden in diesem Projekt Ein-



richtungen zur Kinderbetreuung, Grundschulen und weiterführende Schulen betrachtet. Die Fokussierung auf diese sozialen Infrastruktureinrichtungen erfolgte vor dem Hintergrund, dass die Herstellung dieser Einrichtungen – im Zusammenhang mit der Entwicklung von neuen Siedlungsflächen – einen Aufgabenbereich der Kommunen darstellt.

Ausschlaggebend für den Bau einer Einrichtung der sozialen Infrastruktur ist häufig nicht allein die Neubaufläche, sondern zusätzlich die allgemeine Versorgungssituation mit diesen Einrichtungen in der Kommune. Eine entscheidende Rolle spielt auch die Altersstruktur der Kommune, gerade vor dem Hintergrund einer langfristigen Kostenbetrachtung. Die Nachfrage nach sozialer Infrastruktur ergibt sich somit aus der Überlagerung der Wirkungen der Neubaufläche und der Situation der Restkommune.

Im Vergleich zur inneren und äußeren Erschließung weist die soziale Infrastruktur eine Reihe besonderer Merkmale auf, die sich auf ihre Anpassungsmöglichkeiten und somit auf die Kosten auswirken. Im Gegensatz zu Verkehrs- und Abwassernetzen besteht keine physische Verbindung zwischen den Wohnstandorten der Nutzerinnen und Nutzer und den Infrastruktureinrichtungen. Daraus ergibt sich eine hohe Flexibilität bei der Gestaltung der sozialen Infrastruktur-„Netze“. Im Gegensatz zur technischen Infrastruktur, bei der bis zu 90 Prozent der Kosten als Investitionskosten anfallen (vgl. Kostenangaben zur inneren Erschließung), bilden bei den sozialen Infrastruktureinrichtungen die Personalkosten den wesentlichen Kostenbestandteil.

Die zukünftige Nachfrage im Bereich der sozialen Infrastruktur hängt im Wesentlichen von der demografischen Entwicklung in den Kommunen ab. Für die Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler wird bis zum Jahr 2020 ein moderates Bevölkerungswachstum vorhergesagt, wobei sich die einzelnen Kommunen sehr unterschiedlich entwickeln (vgl. TU Kaiserslautern u.a. 2008). Diese differenzierte Entwicklung spiegelt sich auch in den Schülerzahlen wider. So wird zum Beispiel die Zahl der Grundschüler in der gesamten Region in den nächsten Jahren stetig abnehmen. Jedoch gibt es auch in diesem Bereich einzelne „Wachstumsinseln“. Eine Abnahme der Schülerzahlen ist zunächst einmal mit einer Reduzierung der Klassen verbunden und zieht in der Regel eine Einsparung von Personalkosten nach sich. Anders gesagt, mit der langfristigen Abnahme der Schülerzahlen ist zunächst eine positive finanzielle Wirkung verbunden. Erst bei einer starken Abnahme der Schülerzahlen pro Einrichtung von 50 bis 60 Prozent in Verbindung mit einer kleinen Anzahl von Zügen muss über eine Schließung der Einrichtung nachgedacht werden. Die Einzugsbereiche der Infrastruktureinrichtungen bestimmen maßgebend die Kosten der sozialen Infrastruktur. Sie sind aber nur selten definiert. In fast keinem der untersuchten Bereiche existieren planerische oder gesetzliche Vorgaben zu maximal zumutbaren Entfernungen. Es zeigt sich, dass die Festlegung von Einzugsbereichen vor allem eine zentrale Frage für den ländlichen Raum darstellt. Während in den Städten Einrichtungen oft mit Blick auf andere, weiterhin vorhandene Einrichtungen ohne Verletzung von Entfernungsvorgaben geschlossen werden können, ist die Schließung von Einrichtungen im ländlichen Raum häufig elementar mit Fragen der zumutbaren Entfernung zur nächsten noch vorhandenen Einrichtung verknüpft.

Aus diesem Grund werden im Forschungsprojekt im Bereich der sozialen Infrastruktur keine konkreten Kosten ermittelt. Den Anwendern des Bewertungstools wird eine „Ampelfunktion“ angeboten, die langfristigen Handlungsbedarf signa-

lisiert. Die Ampelfunktion dient dazu, im regionalen Kontext den Diskurs über den Erhalt bzw. die Zusammenlegung von sozialen Infrastruktureinrichtungen anzuregen und zu unterstützen.

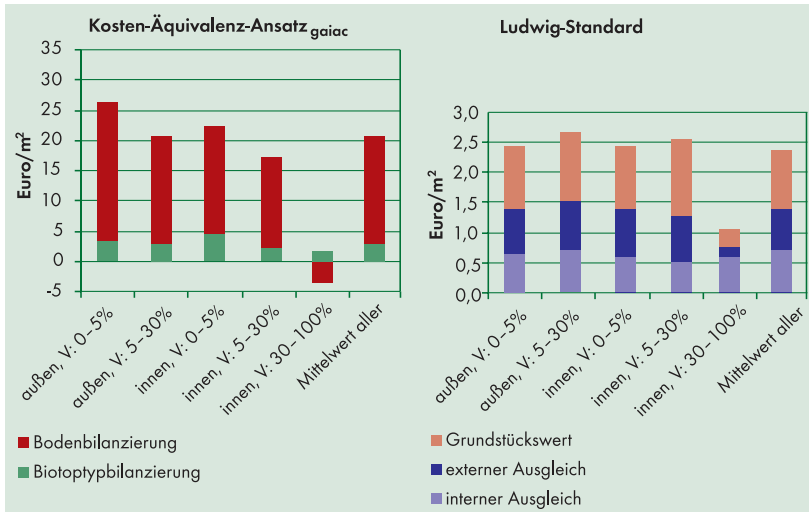
### 3.3 Ökologische Kosten

Auf der Grundlage des Ist-Zustandes (Vor-Eingriff) und des Soll-Zustandes (Nach-Eingriff, Bebauung) wurden die ökologischen Kosten je m<sup>2</sup> Bruttobauland für alle 78 Testflächen berechnet. Verwendet wurde dafür der eigens entwickelte Kosten-Äquivalenz-Ansatz<sub>gaiac</sub> (vgl. Ruckes u.a. 2009), bei dem der Soll-Zustand fiktiv in den Zustand vor Eingriff zurückgebaut wird. Dafür werden die ökotechnischen Erst-Instandsetzungskosten und die Regenerierbarkeit (Time-lag) der Biotop- und Bodentypen flächengenau in Rechnung gestellt. Als Grundlage dienten zum einen eine Biotoptypenkartierung nach Biotoptypenschlüssel NRW (vgl. LANUV 2007) und zum anderen eine Einstufung der Naturnähe von Böden aus Bodenkarten nach der Methode des Kreises Steinfurt (vgl. Steinfurt 2008). Da nicht alle ökologischen Werte – sowohl der Biotope als auch der Böden – durch Rückbau alleine in den Ausgangszustand rückführbar sind, zeigt der Time-lag die zeitlichen Kosten bis zur vollständigen Regeneration auf. Als Grundlage für die Berechnung wurden vorab umfangreiche Wiederherstellungskosten-Tabellen für alle Biotoptypen und Bodentypen erstellt. Dieser Ansatz ist somit im Sinne einer Realkompensation (Wiederherstellung) der Ökosystemfunktionen und deren Dienstleistungen zu verstehen. Im Zuge der Operationalisierung der Kostenermittlung wird die in Behörden gängige Eingriffsregelung genutzt, d.h., es handelt sich um eine Methode, die grundsätzlich im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Eingriffsregelung (§ 18 BNatSchG 2002) einsetzbar ist.

Um einen Vergleich der entstehenden Kosten mit ökologischen Kompensationskosten aus derzeit verwendeten Verfahren zu ermöglichen, wurden parallel Kosten nach dem für die Stadt Bonn und den Rhein-Sieg-Kreis verwendeten Ludwig-Verfahren (vgl. Ludwig 1991) errechnet. In diesem Verfahren werden numerische Biotop-Werte bilanziert und kompensiert. Die Kosten für die anfallende Kompensation wurden dann entsprechend der oben verwendeten ökotechnischen Wiederherstellungskosten-Tabellen ermittelt. Da diese Kosten sehr stark von Kompensationsmaßnahme und Kompensationsort abhängen, wurden Standard-Kompensationen (Buchenwald auf Acker, Streuobstwiese auf Acker, Buchenwald/Streuobstwiese/Grasland auf Acker) berechnet, gemittelt und für den Vergleich herangezogen. Die Kosten für den Kauf der Ausgleichsflächen wie die Kosten des internen Ausgleichs wurden ebenfalls berücksichtigt.

Nach dem Kosten-Äquivalenz-Ansatz<sub>gaiac</sub> ergibt sich für die beiden extremsten Testflächen, d.h. für eine relativ naturnahe Fläche im Außenbereich und für eine stark versiegelte Fläche im Innenbereich, eine maximale Kostenspanne von ca. 90 Euro je m<sup>2</sup>. Hierbei zahlt der Vorhabensträger 78 Euro je m<sup>2</sup> für die Beeinträchtigung der Außenfläche, während ihm für die ökologische Aufwertung der versiegelten Innenfläche zwölf Euro/m<sup>2</sup> erstattet werden. Die weiteren Testflächen bewegen sich zwischen diesen Extremwerten, wobei das Kostengefälle zwischen „außen, naturnah“ und „innen, stark versiegelt“ im Mittel ca. 29 Euro je m<sup>2</sup> beträgt (vgl. Abbildung 3).




**Abbildung 3:**

Durchschnittliche ökologische Kostenverteilung von Flächen im Gradienten von innen nach außen, links: nach dem Kosten-Äquivalenz-Ansatz<sub>gaiac</sub> und rechts: nach einem Standard-Werte-Verfahren der Eingriffsregelung. V: Versiegelungsgrad in Außen- und Innenbereichen.

Quelle: Forschungsinstitut gaiac.

Flächen im Außenbereich, die durchschnittlich Versiegelungsgrade von fünf Prozent bis maximal 30 Prozent aufweisen, verursachen ökologische Wiederherstellungskosten von ca. 20 Euro je m<sup>2</sup>. Im Innenbereich kommt es durch den Gradienten von naturnahen unversiegelten zu bereits beeinträchtigten, stark versiegelten Böden zu einem Kostengefälle von durchschnittlich 25 Euro je m<sup>2</sup> Bruttobauland. Die Erstattung von durchschnittlich zwei Euro je m<sup>2</sup> stark versiegelter Innenfläche (Versiegelungsgrad > 30 Prozent) erscheint im ersten Moment gering. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass hierbei die baubedingte „neue“ Versiegelung bereits enthalten ist. Nicht berücksichtigt sind derzeit Sanierungskosten für Altlasten (vgl. Abschnitt 3.2), die im Sinne der Bodenwiederherstellung als positive Kosten eingesetzt werden sollten und im Einzelfall maßgeblich für die Kostenbilanzierung wären.

Im Vergleich hierzu ergibt sich nach dem Ludwig-Verfahren in Abhängigkeit von den Kompensationsmaßnahmen eine maximale Kostenspanne von 0,16 Euro bis hin zu 5,58 Euro je m<sup>2</sup> Bruttobauland. Der Kostengradient beträgt im Mittel ca. 1,30 Euro je m<sup>2</sup> von der unversiegelten Außenfläche zur versiegelten Innenfläche (vgl. Abbildung 3).

Während die gängigen Ansätze der Eingriffsregelung „ökologische Werte“ über einfache numerische Verfahren berechnen, werden im Kosten-Äquivalenz-Ansatz<sub>gaiac</sub> allein die Wiederherstellungskosten herangezogen. Da die Kosten der Wiederherstellung von Lebensräumen nicht unbedingt mit deren Wertigkeit korrelieren, wird die Biotopwertigkeit nicht explizit berücksichtigt. Dadurch ist es notwendig, die zukünftige Flächeninanspruchnahme auch über qualitative Kriterien in Wert zu setzen. In Absprache mit den Projektpartnern wird im Bewertungstool aktuell eine „Ampelfunktion“ angeboten, die je potenzieller Baulandfläche ein Schutzlevel signalisiert (Tabuzonen: besonders schutzwürdig, sehr schutzwürdig, schutzwürdig, gering schutzwürdig). Mit der Einbindung dieser Schutzlevel in den Kosten-Äquivalenz-Ansatz wäre es möglich, über z.B. spezifische Zuschläge je Schutzlevel die ökologischen Kosten plausibel zu erhöhen, um somit zusätzlich einen deutlichen Schutz der Außenbereichsflächen zu erreichen.

Der Kosten-Äquivalenz-Ansatz<sub>gaiac</sub> wurde bereits im Rahmen eines Fachworkshops sowie durch weitere Einzelpräsentationen einem unterschiedlich motivierten Publikum vorgestellt. Da der Ansatz wertneutral versucht, den realen ökologischen

Schaden zu ermitteln, wurde er bislang als plausibel und nachvollziehbar eingestuft. Aufgrund der bestehenden gesetzlichen Rahmenbedingungen wäre dieser Ansatz zudem auch direkt anwendbar. Letztlich handelt es sich jedoch um eine gesellschaftspolitische Entscheidung, d.h.: Soll der Verlust an Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen durch Flächenversiegelung mittels politisch akzeptabel gestalteten Tiefstpreisen ausgeglichen werden, oder sollen im Sinne eines Kreislaufsystems die Wiederherstellungskosten angesetzt werden?

Der Regionale Portfoliomanager gibt die ökologischen Kosten nach dem Kosten-Äquivalenz-Ansatz<sub>gaiac</sub> wie nach dem Biotopwerteverfahren an. Zudem wird für jede einzelne Baulandfläche der Schutzlevel benannt.

#### 4. Das Online-Kalkulationstool „Regionaler Portfoliomanager“

Die Ermittlung der Kosten und Nutzen für potenzielle Baulandflächen (Potenzialflächen) stellt sich als ein vielschichtiges und komplexes Vorhaben dar. Neben Kosten, die für jede einzelne Fläche in Euro je m<sup>2</sup> Bruttobauland berechnet werden konnten, lassen sich einige Kosten nicht an einer einzelnen Fläche ermitteln. Erst durch die Entwicklung von mehreren Flächen in einer Kommune bzw. innerhalb eines Flächenszenarios in der Region entstehen relevante Kosten (kumulative Kosten). Erschwerend kommt hinzu, dass die verschiedenen Kosten von unterschiedlichen Kriterien wie Bebauungsdichte, Lage im Siedlungskörper, Versiegelungsgrad etc. abhängen und somit nicht eindimensional wirken. Trotz dieser Schwierigkeiten nähert sich das Projekt „Regionales Portfoliomanagement“ einer umfangreichen wohlfahrtsökonomischen Kostenbilanzierung, die jedoch erst durch den Einsatz des GIS-gestützten Berechnungstools voll zur Wirkung kommt, da nur mittels dieses Tools kumulative Szenarien dargestellt und bewertet werden können.

Die Umsetzung und Programmierung der im Abschnitt 3 erläuterten Berechnungsmethoden zur Kostenermittlung in ein Onlinetool (sog. Regionaler Portfoliomanager) erfolgte durch die Wohnregion Bonn in Zusammenarbeit mit dem Forschungsprojekt. Der Regionale Portfoliomanager wurde in die Internetseite des Regionalen Arbeitskreises Entwicklung, Planung und Verkehr Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler – abgekürzt „:rak“ – integriert (vgl. [www.wohnregion-bonn.de](http://www.wohnregion-bonn.de)). Derzeit werden die Flächenpotenziale aus den 28 Gemeinden des „:rak“ in den Regionalen Portfoliomanager eingegeben. Zuvor wurden die Vertreterinnen und Vertreter der Gemeinden an insgesamt drei Terminen in Bedienung und Inhalten des Regionalen Portfoliomanagers geschult.

Der Regionale Portfoliomanager beinhaltet zum einen ein Kartenanzeige- bzw. -bearbeitungstool und zum anderen eine Daten-Eingabemaske (vgl. Abbildung 4). Beide Elemente des Onlinetools sind miteinander verknüpft. Hierdurch kann der Nutzer seine potenziellen Baulandflächen digital hinterlegen und die entsprechenden Kenndaten der digitalisierten Fläche der Eingabemaske folgend eingeben. Hierbei bietet der Regionale Portfoliomanager bei einigen Eingabefeldern die Möglichkeit, eigene Daten anzugeben. Es können aber auch alternativ die vom Tool berechneten Werte genutzt werden. So kann beispielsweise der konkrete, flächenbezogene Bodenwert (Euro/m<sup>2</sup>) einer potenziellen Baulandfläche bei vorhandener Kenntnis des Nutzers eingegeben werden. Wenn kein konkreter Bodenwert vorliegt, wird nach der im Abschnitt 3.1 dargelegten Methode der Bodenwert im Kalkulationstool berechnet.

Quelle: Forschungsverbund.

Der Regionale Portfoliomanager ordnet automatisch den digitalisierten Baulandflächen eine Flächennummer zu und berechnet sowohl die Flächengröße als auch den Bodenwert. Vom Nutzer ist dann die vorgesehene Planung anzugeben, d.h. ob die Fläche als Wohn- und/oder als Gewerbefläche genutzt werden soll. Die gewerbliche Nutzung kann weiter differenziert werden, indem die Gewerbeanteile von Industrie, Dienstleistungen oder Einzelhandel in die Datenmaske eingegeben werden. Nachdem die grundlegenden Daten zur Größe und Nutzung der Fläche vorliegen, werden die einzelnen Kosten und Nutzen ermittelt. Mit Hilfe des Kalkulationstools wird es ermöglicht, folgende Kosten zu ermitteln: äußere Erschließung, innere Erschließung, Grundstücksaufbereitung, ökologische Kosten und Kosten der sozialen Infrastruktur. Abschließend wird der Planungs- und Realisierungsstand der einzelnen Baulandfläche abgefragt. Das Tool gibt zudem Planungsrendite, Umfeldeffekte und auch die Gesamtkosten aus.

Es bleibt zu betonen, dass der Regionale Portfoliomanager nicht dazu geeignet ist und auch nicht den Anspruch erhebt, konkrete Fachgutachten über die einzelnen Baulandflächen zu ersetzen. Die in dem Tool hinterlegten Berechnungen sowie Kostensätze wurden überwiegend anhand der 78 Testflächen (siehe Abbildung 1) erarbeitet. Um diese Daten auf alle potenziellen Baulandflächen des „rak“ übertragen zu können und den unterschiedlichsten Nutzern zu ermöglichen, alle Kosten im Kalkulationstool zu bearbeiten, mussten die selbst erhobenen Daten vereinfacht, d.h. gemittelt oder anderweitig gruppiert werden. Somit können bei den einzelnen Baulandflächen gegenüber einer konkreten Fachbegutachtung Abweichungen auftreten. Das Ziel des Onlinetools liegt daher nicht primär auf der Bewertung einzelner Baulandflächen, sondern es soll vielmehr eine wohlfahrtsökonomische Priorisierung des vorhandenen Flächenportfolios auf Gemeinde- und auf regionaler

Ebene erreicht werden. Auf der Grundlage der bestehenden regionalen Planungskonzepte im „:rak“ und vor dem Hintergrund der Fragestellung des Forschungsverbundes REFINA wird das Forschungsprojekt die folgenden Szenarien auf regionaler Ebene auswerten:

- Innen- versus Außenentwicklung;
- Recyclingflächen versus neu in Anspruch genommene Flächen;
- zentrenorientierte versus disperse Flächenentwicklung.

Im Ergebnis können mit dem Regionalen Portfoliomanager drei Ziele erreicht werden. Zum Ersten kann die für die Region kostengünstigste Siedlungsflächenentwicklung ermittelt und beurteilt werden. Zum Zweiten lässt sich – vor dem Hintergrund unsicheren zukünftigen Wohnungsbedarfes – eine Priorisierung und zeitliche Staffelung von Flächen vornehmen. Zum Dritten kann analysiert werden, inwieweit und mit welchen Konsequenzen die Ziele des Forschungsverbundes REFINA in einer wachsenden Region umsetzbar sind.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Wirkungen von künftigen Flächenentwicklungen und räumlichen Standortentscheidungen in den zuvor beschriebenen Dimensionen werden in der heutigen Planungspraxis nicht sichtbar. In allen betrachteten Einzelfragen sind Kommunen bislang auf jeweilige gutachterliche Befunde angewiesen. Solche Befunde bzw. Fachgutachten können schon aus Kapazitätsgründen nicht für eine Vielzahl an Potenzialflächen erarbeitet werden, zumal deren tatsächliche Realisierung jeweils nicht absehbar sein kann. Hier setzt das Portfoliomanagement mit einer vereinfachenden Modellierung der Wirkungen an.

Das erste Ziel des Portfoliomanagements ist es, eine vergleichbare systematische Bewertung der unterschiedlichen Wirkungen zu ermöglichen – und zwar jeweils bezogen auf eine konkrete Fläche. Die Vergleichbarkeit soll dabei nicht nur zwischen unterschiedlichen Flächen in einer Kommune, sondern zwischen allen Flächen in der Wohnregion Bonn ermöglicht werden. Erst auf dieser Grundlage können unterschiedliche künftige Entwicklungspfade verglichen und bewertet werden. In das Portfoliomanagement fließen nicht nur Flächen ein, die bereits beplant sind, sondern auch Flächen, die im Sinne eines „regionalen Denkmodells“ zukünftig entwickelt werden könnten. Besonders relevant ist bei dem Portfoliomanagement auch die systematische Einbeziehung von Recyclingflächen und deren Bewertung im Kontext der unterschiedlichen Wirkungen. Sichtbar wird hier der Zusammenhang zwischen Mobilisierungshemmnissen (z.B. Kosten der Grundstücksaufbereitung) und wohlfahrtsökonomischen Positiveffekten (z.B. Impulseffekten durch Recycling-Investitionen oder ökologischer Nutzen durch Altlastensanierungen).

Es steht außer Frage, dass Flächenentwicklung vielen Steuerungszielen gerecht werden muss. Eine sozial gerechte regionale Siedlungsentwicklung muss in ihrem Flächenangebot gegenüber absehbaren Nachfragekorridoren „elastisch“ bleiben, um gravierende Umverteilungswirkungen durch Rationierungen zu vermeiden. Wie aber kann eine Angebotselastizität mit anderen Zielsetzungen wie z.B. der Minimierung ökologischer Eingriffe, der Minimierung verkehrlicher oder sozialer Infrastruktur-Folgekosten erreicht werden? Wie können Flächen bzw. Entwicklungspfade im regionalen Kontext priorisiert werden? Dies kann nur durch eine Abwägung auf Basis transparenter flächenbezogener Wirkungsbewertungen erfolgen.



Im Ergebnis unterstützt der Regionale Portfoliomanager diesen Abwägungsprozess. Die monetarisierte Bewertung bildet hierzu die Grundlage. Mit dem Portfoliomanagement kann auf der regionalen Ebene eine im wohlfahrtsökonomischen Sinn politisch abgestimmte, räumlich optimierte Siedlungsentwicklung (Minimierung der Negativwirkungen bzw. Maximierung der Positivwirkungen) skizziert werden. Diese regionale Flächenentwicklungs-Skizze wird schließlich den jeweiligen kommunalen Partialinteressen gegenübergestellt. Erst diese systematische und hinsichtlich einzelner Entwicklungsflächen konkretisierte Gegenüberstellung ermöglicht in der Folge den erforderlichen regional-kommunalen Abstimmungsprozess. Das Portfoliomanagement versteht sich als Instrument, die Grundlagen für diesen flächenkonkreten regionalen Abstimmungsprozess zu liefern.

## Literatur

- Gutsche, Jens-Martin (2003): Auswirkungen neuer Wohngebiete auf kommunale Haushalte. Modellrechnungen und Erhebungsergebnisse am Beispiel des Großraums Hamburg (ECTL Working Paper 18), Hamburg.
- ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung GmbH (Hrsg.) (2008): Kosten und Nutzen der Siedlungsentwicklung. Ergebnisse einer Fallstudienuntersuchung, Dortmund.
- LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2007): Numerische Bewertung von Biotoptypen für die Eingriffsregelung in NRW, Recklinghausen.
- Ludwig, Dankwart (1991): Methode zur ökologischen Bewertung von Biotoptypen (unveröff. Manuskript), Bochum.
- Ruckes, Anke, Timo Heyn, Gottfried Lennartz, Philipp Schwede und Andreas Toschki (2009): Regionales Siedlungsmanagement auf Basis monetarisierter Bewertung ökologischer, infrastruktureller und privatwirtschaftlicher Dimensionen potenzieller Entwicklungsflächen, in: Preuß, Thomas, und Holger Floeting (Hrsg.): Folgekosten der Siedlungsentwicklung. Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung (Reihe REFINA, Band III), Berlin, S. 146–158.
- Steinfurt/Umweltamt des Kreises Steinfurt (Hrsg.) (2008): Bodenfunktions-, Eingriffs- und Kompensationsbewertung für den Kreis Steinfurt.
- Technische Universität Kaiserslautern und andere (2008): Regionales Handlungskonzept Wohnen 2020. Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler, Kaiserslautern.

## Autoren und Autorin



Sebastian Hein, Dipl.-Geogr., geb. 1982, Studium der Geographie, Soziologie und Biologie an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn, seit 2008 als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei empirica – Gesellschaft für Qualitative Marktforschung, Struktur- und Stadtforschung mbH in Bonn beschäftigt; Schwerpunkte der Tätigkeit bei empirica sind raumbezogene Analysen (GIS, Geostatistik, qualitative Sozialraumforschung) und Datenmanagement;  
E-Mail: hein@empirica-institut.de



*Timo Heyn*, Dipl.-Geogr., geb. 1968, Studium der Geographie, Politikologie und Regionalpolitik in Bonn, nach Tätigkeit bei der Kölner ECON-Consult und bei der Stadt Leverkusen (Einzelhandels- und Zentrenentwicklung) seit 2000 Projektleiter bei empirica – Gesellschaft für Qualitative Marktforschung, Struktur- und Stadtforschung mbH in Bonn;  
E-Mail: heynt@empirica-institut.de



*Gottfried Lennartz*, Dr. rer. nat., Dipl.-Biol., geb. 1961, Studium der Biologie an der RWTH Aachen, seit 2004 wissenschaftlicher Leiter der Arbeitsgruppe Terrestrische Ökologie am Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung „gaiac“, An-Institut der RWTH Aachen University;  
E-Mail: lennartz@gaiac.rwth-aachen.de



*Anke Ruckes*, Dipl.-Ing., geb. 1975, Studium Städtebau/Stadtplanung an der TU Hamburg-Harburg, Stipendiatin im DFG-Graduiertenkolleg „Stadtökologische Perspektiven“ an der Humboldt-Universität zu Berlin, seit 2008 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr der RWTH Aachen University;  
E-Mail: ruckes@isb.rwth-aachen.de



*Philipp Schwede*, Dipl.-Geogr., geb. 1977, Studium der Geographie, Politikologie und Rechtswissenschaften an den Universitäten Hannover und Münster, seit 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei empirica – Gesellschaft für Qualitative Marktforschung, Struktur- und Stadtforschung mbH in Bonn;  
E-Mail: schwede@empirica-institut.de



*Andreas Toschki*, Dr. rer. nat., Dipl.-Biol., geb. 1967, Studium der Biologie an der RWTH Aachen, seit 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Forschungsinstituts für Ökosystemanalyse und -bewertung „gaiac“, An-Institut der RWTH Aachen University;  
E-Mail: toschki@gaiac.rwth-aachen.de



*Andreas Vater*, Dipl.-Geogr., geb. 1980, Studium der Geographie, Soziologie und Informatik an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn, seit 2006 hauptberuflich als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei empirica – Gesellschaft für Qualitative Marktforschung, Struktur- und Stadtforschung mbH in Bonn mit Schwerpunkten in den Themenfeldern Raumbezogene Analysen (GIS, Geostatistik, qualitative Sozialraumforschung), Datenmanagement und Projektkoordination tätig, zudem freiberufliches Engagement als Dozent und Berater für Open-Source-GIS-Technologien im Projektteam von wikisquare;  
E-Mail: vater@empirica-institut.de





## Innenentwicklungspotenziale auf kommunaler und regionaler Ebene – Ermittlung des realisierbaren Potenzials

Sabine Müller-Herbers und Christine Kauertz<sup>1</sup>

### REFINA-Forschungsvorhaben: komreg – Kommunales Flächenmanagement in der Region

**Verbundpartner:** Öko-Institut e.V. Institut für angewandte Ökologie (Projektleitung); Baader Konzept GmbH; Institut für Stadt- und Regionalentwicklung (IfSR) an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (im Unterauftrag); Stadt Freiburg im Breisgau

**Modellraum:** Partnerkommunen Au, Ballrechten-Dottingen, Breisach, Emmendingen, Hartheim, Herbolzheim, Merzhausen, Schallstadt, Titisee-Neustadt, Umkirch

**Projektlaufzeit:** 01.03.2006 bis 31.07.2008

**Projektwebsite:** [www.komreg.info](http://www.komreg.info)

## 1. Ausgangslage

Im umweltpolitischen Handlungsfeld Flächenmanagement gilt es inzwischen als unbestritten, dass erhebliche Baulandpotenziale wie Baulücken, Brachflächen oder aufgegebene Hofstellen im Bestand schlummern. Eine dezidierte Kenntnis der Innenentwicklungspotenziale liegt vor allem in Großstädten (vgl. z.B. Stadt Stuttgart 2003; Stadt Köln 1999), aber inzwischen auch für ländlich-periphere Kommunen vor (vgl. LFU 2009; Dahm 2007; Molder/Müller-Herbers 2007). Die flächendeckende Darstellung der innerörtlichen Baulandpotenziale in einem Kataster leistet den wesentlichen Beitrag dazu, den Blick der kommunalpolitischen Akteure auf die so genannten Werte im Bestand zu lenken und damit den Bewusstseinswandel zu einer verstärkten Innenentwicklung zu befördern. Dieser Wandel ist wiederum die Voraussetzung, um auch in Kooperation mit Nachbarkommunen für das Ziel einer flächensparenden Siedlungsentwicklung überzeugen zu können.

Neben den Forderungen nach einem verstärkten kommunalen und interkommunalen Flächenmanagement rückt die regionale Ebene als Bezugseinheit für die Quantifizierung von innerörtlichen Baulandpotenzialen in den Fokus. Sie bildet aus regionalplanerischer Sicht die geeignete Bezugsebene zur vorausschauenden übergeordneten Beurteilung von Flächenbedarfen und noch vorhandenen Flächenpotenzialen im Bestand. Im Rahmen von Pilotprojekten wurden bereits innerörtliche



<sup>1</sup> In Zusammenarbeit mit Dr. Matthias Buchert und Daniel Bleher (Öko-Institut e.V., Darmstadt), Norbert Schröder-Klings (Stadt Freiburg), Katharina Koch (Stadt Freiburg, jetzt Ernst Baseler und Partner, Zürich) sowie Prof. Dr. Alfred Ruther-Mehlis (Institut für Stadt- und Regionalentwicklung an der Hochschule Nürtingen-Geislingen).

Baulandpotenziale im regionalen Kontext erfasst. Die Erhebungen beziehen sich in der Regel auf Flächen ab einer bestimmten Mindestgröße (vgl. z.B. Verband Region Stuttgart 2006; Regionalverband Südlicher Oberrhein 2008; Wirtschaftsministerium und Umweltministerium Baden-Württemberg 2009) mit Betonung der überörtlichen Flächenbedeutsamkeit. Damit wird jedoch das erhebliche Potenzial der vielen kleinteiligen Innenentwicklungsflächen in den Kommunen ignoriert.

Das REFINA-Projekt „Kommunales Flächenmanagement in der Region“ (komreg) setzt deshalb an folgenden Fragestellungen an:

- Wie können auch kleinteilige Innenentwicklungspotenziale in den Städten und Gemeinden rationell erfasst und auf die regionale Ebene extrapoliert werden?
- Wie kann von der systematischen Erfassung der so genannten theoretischen Innenentwicklungspotenziale auf den Anteil des realisierbaren Baulandpotenzials – ohne individuelle Einzelflächenbewertung – geschlossen werden?

## 2. Ziele und Untersuchungsansatz von komreg

Ziele des Verbundvorhabens „Kommunales Flächenmanagement in der Region“ (komreg) waren die Förderung der Innenentwicklung und die langfristige Umsetzung eines flächensparenden Siedlungsflächenmanagements in der Region Freiburg i.Br. Dazu wurden Szenarien der Siedlungsentwicklung für die Region Freiburg als Visualisierungs- und Kommunikationsinstrument für lokale und regionale Entscheidungsträger erarbeitet. In drei Varianten zeigen diese Szenarien die Entwicklungsperspektiven der Flächen für den Wohnungsbau bis zum Jahr 2030 auf und quantifizieren mögliche Beiträge der Innenentwicklung zur Deckung des Wohnbaulandbedarfs (zu den Szenarienannahmen und zur Gesamtprojektdarstellung siehe Öko-Institut e.V. 2008).

Eine wesentliche Datengrundlage für die Szenarienerstellung bildete die Kenntnis der Innenentwicklungspotenziale in den einzelnen Partnerkommunen bzw. der Region Freiburg.

## 3. Ermittlung der Innenentwicklungspotenziale

### 3.1 Erhebungsmethode

In den zehn beteiligten Kommunen der Landkreise Breisgau-Hochschwarzwald und Emmendingen wurden die Innenentwicklungspotenziale flurstücksbezogen nach folgenden Erhebungsprinzipien erfasst:

- systematisch und flächendeckend im gesamten Gemeindegebiet
- Innenbereich nach § 34 BauGB sowie Bebauungsplangebiete als Untersuchungsraum
- ab Größenordnung von 250 qm
- mit kurz-, mittel- und langfristigem Zeithorizont.

Die Innenentwicklungspotenziale wurden zunächst durch Überlagerung von Luftbildern und ALK<sup>2</sup>-Daten ermittelt. Um die Plausibilität der erfassten Flächen zu



2 ALK = Automatisierte Liegenschaftskarte.



gewährleisten, waren ein Abgleich mit dem Flächennutzungsplan sowie eine Überprüfung aller erfassten Potenziale durch eine Vor-Ort-Begehung unabdingbar. Hierzu kamen Tablet-PCs mit der Software GISPad zum Einsatz<sup>3</sup>. Weitere potenzielle Innenentwicklungsflächen, wie z.B. Brachflächen mit absehbarer Nutzungsaufgabe oder Leerstände, die vor Ort nicht erkennbar sind, wurden nach Absprache mit der Kommunalverwaltung in die Erhebung aufgenommen.

**Abbildung 1:**

Beispiel Baulücke und Kartierung mit Tablet-PC



Quelle: Baader Konzept GmbH.



<sup>3</sup> Dabei handelt es sich um mobile, digitale Erhebungsgeräte mit den Funktionen eines Geographischen Informationssystems (GIS).

Bei der Erhebung wurde zwischen vier Potenzialtypen unterschieden (siehe Übersicht 1).

#### Übersicht 1:

Erhebungskategorien

| Hauptkategorien              | Unterkategorien   |
|------------------------------|---|
| Baulücken                    |   |
| Geringfügig genutzte Flächen | in Bezug auf die Flächengröße<br>in Bezug auf die Höhe der baulichen Anlage<br>in Bezug auf die Art der Nutzung   |
| Brachflächen/Leerstand       | Vollständig brachliegende Flächen bzw. leerstehende Wohngebäude<br>Brachflächen mit Restnutzung<br>Brachflächen mit absehbarer Nutzungsaufgabe/Nutzungsänderung |
| Althofstellen                | Althofstelle aufgelassen<br>Althofstelle mit (Wohn-)Restnutzung<br>Althofstelle mit absehbarer Nutzungsaufgabe  |

Quelle: Baader Konzept (2008).

Zweck der Kartierung der Innenentwicklungspotenziale der Kommune ist zunächst deren Erfassung nach Lage und Umfang, sowohl im Hinblick auf die Anzahl als auch auf die Flächendimensionen. Auf Basis dieser Ersterhebung erfolgte die Charakterisierung der einzelnen Flächen nach verschiedenen Merkmalen in einem Merkmalskatalog (siehe Übersicht 2).

Die kartierten Flächen werden in das kommunale Geografische Informationssystem (GIS) eingestellt. Dieser digitale Datenbestand bildet das automatisierte, fortschreibungsfähige Baulandkataster.

### 3.2 Flächenselektion und Bewertung

Aufbauend auf dem Merkmalskatalog je Fläche eröffnen sich vor allem im Rahmen des GIS unterschiedliche Sortier-, Filter- und Abfragemöglichkeiten (z.B. „Baulücken mit Zulässigkeit von Einzel- und Doppelhäusern zwischen 400 und 600 qm“, „alle Baulücken im Stadtteil xy“). Darüber hinaus liefert die Abfrage nach bestimmten Merkmalen grundlegende Informationen zum Aktivierungsaufwand bzw. stellt die Grundlage für eine erste städtebauliche Prioritätensetzung in den Kommunen dar. Beispielsweise kann in diesem Zusammenhang eine Auswertung nach dem bestehenden Baurecht oder nach dem Erfordernis von Erschließungs- und/oder bodenordnerischen Maßnahmen vorgenommen werden. Darauf aufbauend können dann spezifische Handlungsempfehlungen zur strategischen Mobilisierung bestimmter Bereiche oder Flächentypen abgeleitet werden (zu Aktivierungsstrategien und Maßnahmen siehe Kauertz/Koch 2008; Öko-Institut e.V. 2008).

Die kartografische Verortung der erfassten Flächen belegt zudem, dass die Wohnbaulandpotenziale in unterschiedlicher Ausprägung und räumlicher Verteilung in den Gemeindegebieten vorliegen. Abbildung 2 zeigt beispielhafte Katasterausschnitte mit farblicher Darstellung der unterschiedlichen Potenzialtypen (z.B. Baulücke: blau, Althofstelle: lila). Kennzeichnend für diese Form der Erfassung von kleinteiligen Innenentwicklungspotenzialen ist zudem, dass sich in vielen Kommunen so genannte Konglomerate mit Flächenhäufungen unterschied-



## Übersicht 2:

Kriterien zur Charakterisierung der Innenentwicklungspotenziale

| Grunddaten                   | Erläuterungen  |
|------------------------------|--|
| interne lfd. Nummer          | Nummer zu Fläche auf Karte und zum Datensatz   |
| Bearbeitungsdatum            |  |
| Bearbeiter/in                |  |
| Grunddaten zur Fläche        |  |
| Straße                       | Straße, ggf. Name der Fläche oder Flur   |
| Gemarkung                    | Gemarkungsname   |
| Flurstücks-Nr.               | Flurstücksnummer   |
| Eigentübertyp                | Unterscheidung öffentlich/privat/Sonstiges   |
| Flächengröße                 | Gesamtfläche in m <sup>2</sup>   |
| Bestandssituation            |  |
| Flächen-/Potenzialtyp        | Baulücke, geringfügig genutzte Fläche in Bezug auf die Flächen-<br>größe, geringfügig genutzte Fläche in Bezug auf die Höhe der bau-<br>lichen Anlage, geringfügig genutzte Fläche in Bezug auf die Art der<br>Nutzung, Brachfläche, Brachfläche mit Restnutzung, Brachfläche mit<br>absehbarer Aufgabe, Althofstelle, Althofstelle mit Restnutzung, Hof-<br>stelle mit absehbarer Nutzungsaufgabe |
| Aktuelle Nutzung             | z.B. Gehölzbestand, Brache, Grünland, Parkplatz, Lagerplatz etc.   |
| Erschließung (Verkehr)       | vorhanden (gesichert) oder nicht vorhanden (nicht gesichert)   |
| Bodenordnung                 | Notwendigkeit einer Maßnahme, z.B. Teilung, Umlegung   |
| Wert des Grundstücks         | Angabe des Bodenrichtwerts   |
| Schutzstatus                 | z.B. Wasserschutzgebiet, geschütztes Biotop, Naturdenkmal  |
| Besondere ökol. Funktion     | z.B. Bodenfunktionen, Lokalklima, alter Baumbestand etc.   |
| Altlasten/-verdacht          | vorhanden oder nicht vorhanden   |
| Sonstige Hinweise            | z.B. Entwicklungshemmnisse, besonderes Umfeld, sonstige Infos  |
| Planungsrechtliche Situation |  |
| Flächennutzungsplan          | zulässige Nutzung nach BauNVO  |
| Bestehendes Baurecht         | Bebauungsplan, § 34 BauGB, Satzung   |
| Bebauungsplan                | Name, Nr., Datum (wenn vorhanden)  |
| Zul. Art der Nutzung         | gemäß BauNVO (z.B. WA, MI, GE)   |
| Zul. Maß der Nutzung         | GRZ, Vollgeschosse, GFZ  |
| Bauweise                     | offen, geschlossen etc.  |
| Bebauungsform                | Einzelhaus, Doppelhaus, Häusergruppe, Geschosswohnungsbau etc.   |
| Bemerkungen                  | Ggf. je Kommune individueller Aspekt, z.B. Besonnung   |

Quelle: Baader Konzept  
(2008).

lichen Typs herausbilden. Aufgrund ihrer Lage und der Betrachtung dieser Potenziale im Zusammenhang ergeben sich Ansatzpunkte für neue städtebauliche Entwicklungen, die bisher von der Kommune nicht in dieser Form wahrgenommen wurden.

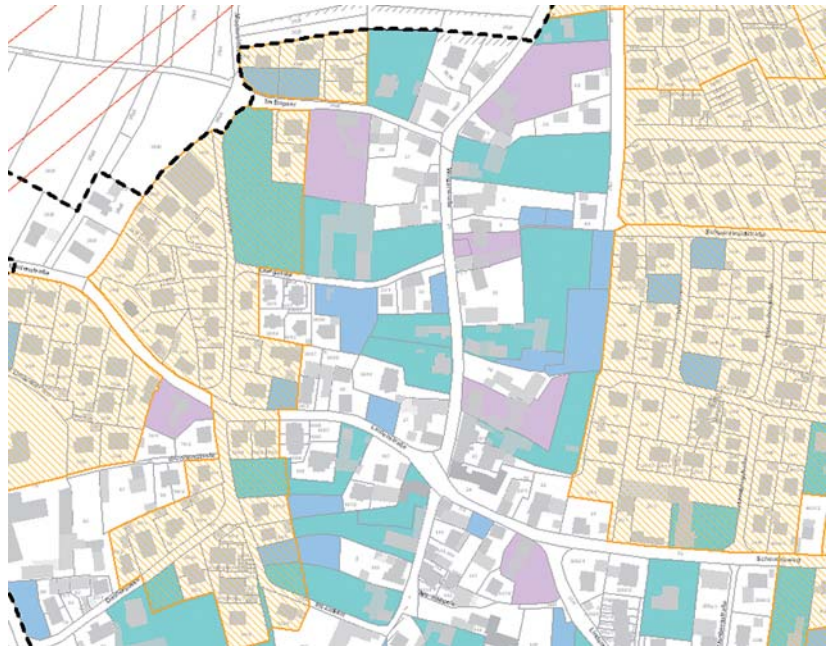
Bei Kumulation mehrerer Baulandpotenziale bietet sich je nach Ausgangslage z.B. die Aufstellung bzw. Änderung von Bebauungsplänen an, um die notwendigen baurechtlichen Voraussetzungen für eine maßvolle Innenentwicklung zu schaffen. Alternativ bzw. als erster Schritt kann ein informelles Nachverdichtungskonzept entwickelt werden, welches wiederum als Grundlage für einheitliche Genehmigungsmaßstäbe bei Bauanfragen genutzt werden kann. Die konkrete



Bewertung der Flächen erfolgt durch die einzelnen Kommunen aufbauend auf deren spezifischen Erfordernissen. Im Rahmen von komreg wurde lediglich die dargestellte Erstbewertung der Baulandpotenziale vorgenommen.

**Abbildung 2:**

Verteilung von Innenentwicklungspotenzialen anhand ausgewählter Baulandkategorien (Ausschnitte)  
blau: Baulücke  
lila: Althofstelle



Quelle: Baader Konzept GmbH.





### 3.3 Ergebnisse – Innenentwicklungspotenziale in den Partnerkommunen

Insgesamt wurden in den zehn Partnerkommunen und der Stadt Freiburg i.Br. Wohnbaulandpotenziale auf einer Fläche von ca. 550 ha erhoben (siehe Tabelle 1). Es wird damit belegt, dass in den beteiligten Städten und Gemeinden in erheblichem Umfang Wohnbaulandpotenziale im Bestand vorhanden sind. Das gilt insbesondere für Gemeinden wie Schallstadt, Umkirch oder Au, die gemäß Landesentwicklungsplan in der Verdichtungsraumrandzone liegen und aufgrund ihrer Nähe zu Freiburg seit Jahrzehnten verglichen mit ländlich peripher liegenden Gemeinden einem hohen Siedlungsdruck ausgesetzt sind. Gewerbliche Innenentwicklungspotenziale wurden in den Innenentwicklungskatastern erfasst, waren jedoch nicht Gegenstand der Szenarien und Flächenbilanzierungen im Projekt komreg.

| Kommune                | Einwohner 2006 | Anzahl Flächen | Gesamtfläche (ha) |
|------------------------|----------------|----------------|-------------------|
| Au                     | 1.369          | 50             | 5                 |
| Ballrechten-Dottingen* | 2.207          | 131            | 18                |
| Breisach               | 14.398         | 347            | 78                |
| Emmendingen            | 26.330         | 653            | 69                |
| Freiburg               | 217.547        | 1.494          | 230               |
| Hartheim               | 4.585          | 184            | 20                |
| Herbolzheim            | 9.933          | 541            | 46                |
| Merzhausen             | 4.665          | 137            | 15                |
| Schallstadt            | 5.952          | 201            | 26                |
| Titisee-Neustadt**     | 11.902         | 205            | 26                |
| Umkirch                | 5.206          | 137            | 14                |

**Tabelle 1:**

Theoretische Wohnbaulandpotenziale in den Partnerkommunen

\* z.T. Arrondierungsflächen übernommen

\*\* ohne Streusiedlungen

Quelle: Baader Konzept GmbH.

Ein Großteil dieser Wohnbaulandpotenziale entfällt auf die 1 833 Baulücken (163,4 ha) und 2 068 geringfügig genutzten Flächen (342,3 ha), bei denen z.B. in der zweiten Reihe gebaut werden könnte. Da auf den geringfügig genutzten Flächen in der Regel bereits eine Bebauung vorhanden ist, kann davon flächenbezogen nur ein Teil als Potenzialfläche angesetzt werden, z.B. ein Drittel. Selbst damit machen die geringfügig genutzten Flächen einen erheblichen Anteil des Wohnbaulandpotenzials in den Partnerkommunen aus. Die größeren Kommunen verfügen zum Teil über Brachflächen oder Konversionsstandorte, die hinsichtlich ihrer Anzahl zwar eine untergeordnete Rolle spielen, aufgrund der Flächendimensionen jedoch Raum für im Verhältnis größere Wohnbaustandorte bieten. Althofstellen sind hingegen eher in Kommunen mit ländlich geprägten Teilorten zu finden (zu Baulandpotenzialen im Detail siehe Öko-Institut e.V. 2008). Bei den erfassten Innenentwicklungspotenzialen handelt es sich um das theoretisch aktivierbare Potenzial, das es vom tatsächlich realisierbaren Potenzial zu unterscheiden gilt. An strategisch bedeutsamen, erfolgversprechenden Standorten sowie je nach Potenzialumfang und -typ (z.B. Baulücken) sind Prioritäten zu setzen (vgl. Abschnitt 3.2).

Umfang und Verteilung der Innenentwicklungspotenziale in den Partnerkommunen zeigen, dass nicht, wie ursprünglich vermutet, bestimmte Gesetzmäßigkeiten zwischen Umfang bzw. Struktur der ermittelten Baulandpotenziale und anderen kommunespezifischen Merkmalen wie beispielsweise Siedlungstypen, topografi-

schen Gegebenheiten oder Nähe zum Oberzentrum herausgearbeitet werden konnten. Korrelationen lassen sich dagegen zwischen der Einwohnerzahl und dem Umfang der Baulandpotenziale in den Kommunen feststellen. Als Maß, um die Vergleichbarkeit der Kommunen zu gewährleisten, wird der Faktor Innenentwicklungspotenzial in Hektar je 1 000 Einwohner angesetzt. Es zeigt sich, dass der Umfang der Potenziale im Bestand mit zunehmender Einwohnerzahl der Kommune abnimmt (siehe Tabelle 2). So liegen in den Kommunen mit weniger als 5 000 Einwohnern die meisten Potenzialflächen vor. Dieses Verhältnis zeigt sich auch bei einer differenzierten Betrachtung der einzelnen Potenzialtypen – mit Ausnahme der Brachflächen.

**Tabelle 2:**

Theoretische Wohnbaulandpotenziale in den Partnerkommunen (ohne Stadt Freiburg i.Br.) nach Gemeindegrößenklassen

| Gemeindegrößenklasse     | Ø Fläche je 1 000 Einwohner nach unterschiedlichen Typen |           |                                    |                    |                   |
|--------------------------|--|-----------|------------------------------------|--------------------|-------------------|
|                          | Wohnbaulandpotenziale<br>gesamt                          | Baulücken | geringfügig<br>genutzte<br>Flächen | Althof-<br>stellen | Brach-<br>flächen |
| Kommunen < 5 000 EW      | 4,5 ha   | 1,4 ha    | 2,7 ha                             | 0,3 ha             | 0,1 ha            |
| Kommunen 5 000–10 000 EW | 4,1 ha   | 1,0 ha    | 2,6 ha                             | 0,3 ha             | 0,2 ha            |
| Kommunen > 10 000 EW     | 3,3 ha   | 1,0 ha    | 2,0 ha                             | 0,0 ha             | 0,3 ha            |

Quelle: Baader Konzept GmbH.

### 3.4 Extrapolierte Innenentwicklungspotenziale für die Region

Während für die Partnerkommunen die Übersicht über ihre konkreten Flächen im Bestand bereits eine wesentliche Grundlage für die zukünftige Innenentwicklungsplanung darstellt, waren zur Erstellung der regionalen Szenarien der Siedlungsentwicklung Angaben zu den Innenentwicklungspotenzialen in der gesamten Region erforderlich. Um hierzu fundierte Daten zu generieren, erfolgte eine Hochrechnung der in den Partnerkommunen erhobenen Innenentwicklungspotenziale über den Faktor Wohnbaulandpotenziale in Hektar je 1 000 Einwohner nach Gemeindegrößenklassen (vgl. Abschnitt 3.3). Um den unterschiedlichen räumlichen Entwicklungsvoraussetzungen Rechnung zu tragen, wurde zudem nach den Raumstrukturtypen Ländlicher Raum und Verdichtungsraum differenziert.

Die Hochrechnung für die 74 Kommunen in den Landkreisen Breisgau-Hochschwarzwald und Emmendingen ergibt somit ein theoretisches Innenentwicklungspotenzial von ca. 1 600 ha. Rund 846 ha entfallen auf die Kommunen im Verdichtungsraum mit Randzone und rund 754 auf die Kommunen im ländlichen Raum. Hinzu kommt das in der Stadt Freiburg i.Br. bestehende Innenentwicklungspotenzial von ca. 230 ha (Region gesamt: ca. 1 830 ha). Damit liegen nun fundierte Kenntnisse über die theoretischen Wohnbaulandpotenziale in der gesamten Region Freiburg mit insgesamt rund 407 000 Menschen vor, wobei die Berücksichtigung auch kleiner, für eine erfolgreiche Innenentwicklung nicht minder bedeutsamer Potenziale als Besonderheit herauszustellen ist.

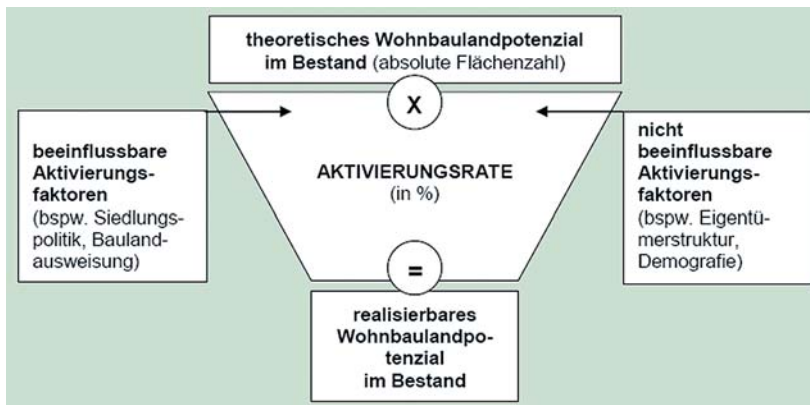
Bei den kommunal erfassten und regional extrapolierten Baulandpotenzialen im Bestand handelt es sich um das theoretisch aktivierbare Potenzial. Wie kann nun aber das in einem bestimmten Zeitraum realisierbare Innenentwicklungspotenzial quantifiziert werden?



## 4. Ermittlung des realisierbaren Innenentwicklungspotenzials

Eigentümerinteressen, kommunalpolitische Prioritätensetzungen und externe Faktoren wie die demografische Entwicklung wirken auf die Aktivierbarkeit von Innenentwicklungspotenzialen, das heißt die Anzahl der Flächen, die konkret einer Bebauung zugeführt werden können, ein. Diesen Einflussgrößen wurde durch eine Abschichtung des theoretischen auf ein tatsächlich realisierbares Potenzial Rechnung getragen. Hierzu wurde die Methode der Aktivierungsraten als neues anwendungsorientiertes Instrument entwickelt.

Aufgrund der Vielzahl an Innenentwicklungsflächen (siehe Tabelle 1) ist es nicht zielführend, je Fläche eine individuelle Aktivierungsvorhersage vorzunehmen. Die Methode der Aktivierungsraten geht davon aus, dass je Fläche grundsätzlich eine Aktivierungsentscheidung getroffen werden kann. Die Aktivierungswahrscheinlichkeiten hängen von einer Reihe kommunal beeinflussbarer und nicht kommunal beeinflussbarer Faktoren ab, die in die Bestimmung der Aktivierungsraten qualitativ einfließen (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3:**

Aktivierungsfaktoren für Wohnbaulandpotenziale im Bestand

Quelle: Stadt Freiburg i.Br.

So wird z.B. in einer Kommune mit hoher Wohnbauflächennachfrage, günstiger Demografie und engagierter Kommunalpolitik zur Aktivierung von Innenentwicklungspotenzialen die jährliche Aktivierungsrate in Prozent/Jahr (ausgehend von 100 Prozent Potenzial des Ausgangsjahrs) erheblich höher sein als in einer Kommune, die hinsichtlich dieser Kriterien und Einflussgrößen ein völlig anderes Bild bietet.

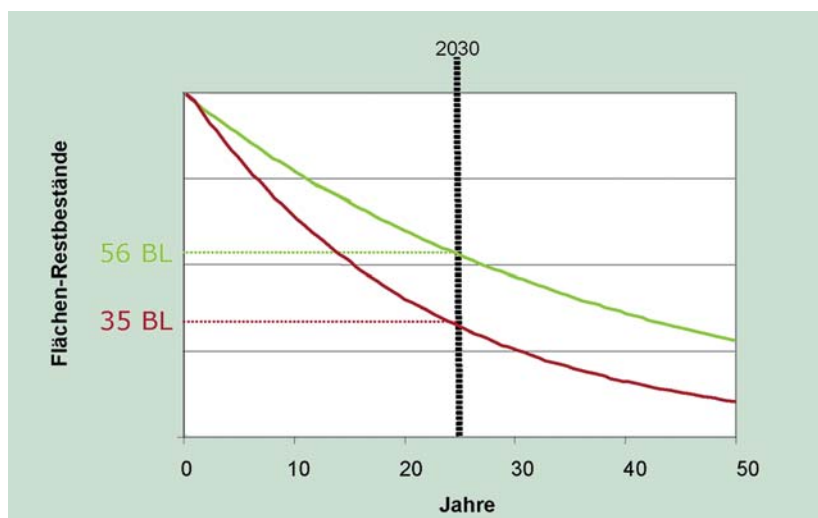
In den Partnerkommunen wurden die lückenlos ermittelten theoretischen Potenziale für Wohnbaulandflächen in einem definierten Erhebungsjahr dabei gleich 100 Prozent gesetzt (= maximales, theoretisch erzielbares Potenzial). Da sich diese Basis durch die Aktivierung reduziert, verringert sich – trotz gleichbleibender Aktivierungsraten – das pro Jahr realisierbare Potenzial bebaubarer Flächen. Der jährlich für eine Bebauung zur Verfügung stehende Anteil wird über einen prozentualen Ansatz (jährliche Aktivierungsrate) auf die jeweils verbleibende Basis berechnet. Neben der Anzahl der jährlich aktivierten Flächen werden zur Berechnung des Flächenumfangs die aus den Innenentwicklungskatastern bekannten durchschnittlichen Flächengrößen je Innenentwicklungstyp herangezogen, um Aussagen zu vorhandenen Wohnbaulandpotenzialen in Hektar zu treffen.

Für die Festlegung der Aktivierungsraten wurden in einem Projektworkshop unter Einbeziehung aller Partnerkommunen und weiterer externer Fachleute Orientierungswerte abgestimmt. Diese Orientierungswerte liefern in den drei Kategorien „hoch“ (insgesamt günstige Einschätzung), „mittel“ (gemischte Einschätzung) und „niedrig“ (ungünstige Einschätzung) die spezifischen Aktivierungsraten in Prozent pro Jahr für die vier Potenzialflächentypen. Erfahrungswerte zur jährlichen „Auf-füllung“ des Flächentyps Baulücken im Innenbereich aus anderen Kommunen boten dabei eine Orientierungshilfe<sup>4</sup>. So wurden für den Typ Baulücke als „niedrig“ eine Aktivierungsrate von ein Prozent pro Jahr, als „mittel“ eine Rate von 2,5 Prozent und als „hoch“ eine Rate von 4,5 Prozent als Orientierungswerte angesetzt. Die Effekte der mittleren und hohen Aktivierungsrate auf die realisierbaren Flächen im Szenariozeitraum bis 2030 (vgl. Abschnitt 2) sind in Abbildung 4 am Beispiel der Baulücken dargestellt. Nach 25 Jahren sind bei einer mittleren Aktivierungsrate noch mehr als die Hälfte der ursprünglichen Baulücken vorhanden.

**Abbildung 4:**

Anzahl realisierter Baulücken (BL) im Zeitverlauf für zwei unterschiedliche Aktivierungs-raten und bei einem Ausgangswert von 100 Baulücken

mittlere  
Aktivierungsraten  
— BL 2,5% pro a  
  
hohe  
Aktivierungsraten  
— BL 4,5% pro a



Quelle: Öko-Institut e.V.

Während die Aktivierungsraten in den Partnerkommunen – aufbauend auf den festgelegten Orientierungswerten – individuell abgestimmt, d.h. gesetzt, wurden, wurden aufbauend auf diesen Ergebnissen die Raten für den Raumstrukturtyp Verdichtungsraum inklusive Randzone nach Gemeindegrößenklassen für die gesamte Region Freiburg hochgerechnet (vgl. Abschnitt 3.4).

Auf dieser Grundlage wurden die Aktivierungsraten im ländlichen Raum berechnet. Die Einzelwerte wurden – ausgehend von der Annahme einer geringeren Aktivierung – im ländlichen Raum pauschal um 20 Prozent reduziert.

Die für die regionalen Szenarien (vgl. Abschnitt 2), den jeweiligen Potenzialtyp und den Raumtyp festgelegten Aktivierungsraten sind exemplarisch für den Verdichtungsraum inklusive Randzone in Tabelle 3 zusammengestellt.

<sup>4</sup> Mündliche Informationen sowie eigene Berechnungen aus Köln, Mülheim a. d. R., Bamberg, Stegaurach und Baiersdorf; vgl. auch Stadt Köln (1999).



| Potenzialtyp                 | Szenario         |               |                          |
|------------------------------|------------------|---------------|--------------------------|
|                              | Effizienzzenario | Basisszenario | Pessimistisches Szenario |
| Baulücken                    | 2,8              | 1,6           | 1,0                      |
| Geringfügig genutzte Flächen | 1,4              | 0,8           | 0,5                      |
| Brachflächen/Leerstände      | 4,7              | 2,8           | 2,0                      |
| Althofstellen                | 3,4              | 1,8           | 1,0                      |

**Tabelle 3:**

Aktivierungsraten im Verdichtungsraum inklusive Randzone

Quelle: Öko-Institut e.V.

Mit Hilfe der Aktivierungsraten konnte so für jede der Szenariovarianten das realisierbare Innenentwicklungspotenzial berechnet und für die Bilanzierung des regionalen Wohnbauflächenbedarfs im Verhältnis von Außen- und Innenentwicklung herangezogen werden. Nachfolgend wird beispielhaft für das Basisszenario das realisierbare Innenentwicklungspotenzial für die einzelnen Raum- und Bau- landtypen vorgestellt (siehe Tabelle 4).

| Raumtyp   | Potenzialflächentyp         | Anzahl | Größe (ha) |
|---|-----------------------------|--------|------------|
| Verdichtungsraum inkl. Randzone                     | Baulücke                    | 973    | 74         |
|   | Geringfügig genutzte Fläche | 571    | 84         |
|   | Brache                      | 77     | 23         |
|   | Althofstelle                | 92     | 13         |
|   | Summe                       | 1.715  | 196        |
| Ländlicher Raum                                     | Baulücke                    | 727    | 58         |
|   | Geringfügig genutzte Fläche | 451    | 61         |
|   | Brache                      | 68     | 9          |
|   | Althofstelle                | 78     | 12         |
|   | Summe                       | 1.326  | 141        |
| Stadt Freiburg i.Br.                                | Baulücke                    | 311    | 32         |
|   | Geringfügig genutzte Fläche | 185    | 34         |
|   | Brache                      | 10     | 6          |
|   | Althofstelle                | 8      | 0,9        |
|   | Summe                       | 514    | 74         |
| Realisierbare Innenentwicklungspotenziale insgesamt |                             | 3.555  | 411        |

**Tabelle 4:**

Realisierbares Innenentwicklungspotenzial der Region Freiburg bis 2030 nach Basisszenario

Quelle: Öko-Institut e.V.

Für das Basisszenario, bei dem von einer durchschnittlichen Nutzung der Potenziale im Bestand, einer realisierten baulichen Dichte wie heute üblich und einem Wohnbauflächenbedarf nach Prognose des Statistischen Landesamtes ausgegangen wird, ergeben sich für die Region Freiburg 3 555 realisierbare Innenentwicklungspotenziale auf einer Fläche von mehr als 400 ha. Im Vergleich mit dem theoretisch verfügbaren Innenentwicklungspotenzial der Region (ca. 1 830 ha) ergibt sich, dass weniger als ein Viertel dieses Potenzials im Szenariozeitraum bis 2030 als aktivierbar eingestuft wird. Ein wesentlicher Anteil des benötigten Wohnbauflächenbedarfs bis 2030 kann damit über die Nutzung von Bauflächen im Bestand gedeckt werden. Der Deckungsgrad des Wohnbaulandbedarfs bis zum Jahr 2030 beträgt im Basisszenario für die Stadt Freiburg i.Br. 76 Prozent,

im Verdichtungsraum inklusive Randzone 49 Prozent und im ländlichen Raum 25 Prozent. Diesen Angaben liegt lediglich das realisierbare Innenentwicklungspotenzial zugrunde (vgl. Öko-Institut e.V. 2008).

Mit Hilfe pauschalisierter jährlicher und im regionalen Dialog ermittelter Aktivierungsraten je Potenzialtyp konnte somit ein realisierbarer Anteil an Innenentwicklungsflächen bestimmt werden, der in jedem Fall als machbar erscheint und eher einer konservativen, zurückhaltenden Zielsetzung für eine aktive Innenentwicklungspolitik entspricht. Sowohl die einzelnen Kommunen als auch die Region insgesamt dürften damit nicht überfordert sein.

## 5. Resümee

Mit der hier vorgestellten Vorgehensweise zur Erhebung innerörtlicher Baulandpotenziale und deren Extrapolation auf die Region konnte ein wesentlicher Beitrag zur Methodenentwicklung bei der Bestimmung von Innenentwicklungspotenzialen auf kommunaler und regionaler Ebene geleistet werden. Als für eine fundierte Erhebung der Innenentwicklungspotenziale entscheidend kann hierbei die Herangehensweise mit dem „Blick von außen“ gewertet werden. Denn unbestritten der Ortskenntnis der kommunalen Akteure führt eine allein gemeindeinterne Erhebung in der Regel unbeabsichtigt zur Ausblendung von nutzbaren Innenentwicklungspotenzialen und vermindert somit bisher nicht bedachte siedlungsplanerische Entwicklungsoptionen. Auch die Einbeziehung kleinteiliger Flächen ab ca. 250 qm (z.B. Reihenhaushausgrundstück) hat sich als zielführend sowie für kleine und mittlere Kommunen als effizient durchführbar erwiesen. Gerade hier bilden die vielen unbebauten Einzelgrundstücke häufig das größte Flächenpotenzial. Mit den Ergebnissen aus dem REFINA-Projekt „Neue Handlungshilfen für die aktive Innenentwicklung“ (HAI), dass sich im Durchschnitt 20 Prozent der Baulückeneigentümer verkaufsbereit zeigen, sollte dieses Potenzial nicht unbeachtet bleiben (vgl. Umweltministerien Baden-Württemberg und Bayern 2008; Müller-Herbers/Molder 2008). Erst durch die systematische Erfassung rücken diese Flächen als aktivierbare Ressource nachhaltigen Flächenmanagements ins Blickfeld der kommunalen Entscheidungsträger und erhalten nur so Gewicht in der Abwägung mit der Neuausweisung von Baugebieten „auf der grünen Wiese“. Für die kommunale Ebene bietet zudem nur die flurstückgenaue Erfassung der Grundstücke die Voraussetzung für eine automatisierte Fortschreibung des Katasters (z.B. bezüglich Update der jeweils aktuellen Vermessungsdaten) und eine effiziente Handhabung. Denn letztlich fokussieren alle flächenbezogenen Vorgänge und Entscheidungen im kommunalen Planungsalltag auf das Flurstücksniveau (z.B. Eigentümerermittlung).

Das REFINA-Projekt komreg reiht sich damit auch in eine Anzahl regional angelegter Untersuchungen zur Flächenpotenzialbestimmung ein (siehe Abschnitt 1) und fordert zum Fachdiskurs über die Eignung der jeweiligen methodischen Ansätze heraus. Die Ansätze reichen dabei von der Erfassung punktueller, regional bedeutsamer Innenentwicklungsflächen ab einer Größenordnung von 5 000 qm bzw. in kleineren Kommunen ab 2 000 qm (vgl. Wirtschaftsministerium/Umweltministerium Baden-Württemberg 2009) über die Erhebung nur eines bestimmten Flächentyps (Brachflächenerhebung Thüringen) bis zur hier vorgestellten kleinteiligen und flächendeckenden Potenzialerfassung in ausgewählten Städten und Gemeinden mit





Extrapolation der Ergebnisse auf die gesamte Region. Als besonderer, anwendungsorientierter Beitrag wird zudem die Entwicklung der Methode der Aktivierungsdaten angesehen. Dass beim Aufbau von Innenentwicklungskatastern eine umfassende Erhebung möglichst aller Innenentwicklungspotenziale nötig ist, um sich siedlungsplanerische Entwicklungsoptionen zu vergegenwärtigen, sei unbestritten. Dennoch besteht auch das Erfordernis einer wertenden und Prioritäten setzenden Betrachtung der Innenentwicklungspotenziale. Für die Beurteilung der Sinnhaftigkeit einer Flächenmobilisierung und deren Realisierungschancen sind städtebauliche und stadtökologische Maßgaben (Stichwort: maßvolle Dichte) ebenso wie Eigentümerinteressen oder kommunalpolitische Prioritätensetzungen zu berücksichtigen. Es gilt deshalb für Flächenbedarfsbilanzen, aus der Grundgesamtheit aller erfassten Innenentwicklungspotenziale das in einem bestimmten Zeitraum realisierbare Potenzial zu ermitteln. Mit Hilfe der vorgestellten Aktivierungsdaten für die unterschiedlichen Innenentwicklungstypen konnte dafür eine praxisingerechte Vorgehensweise entwickelt werden. Zumindest solange keine fundierten Untersuchungen über die Auffüllungs- bzw. Aktivierungsdaten von innerörtlichen Potenzialflächen in bundesdeutschen Städten vorliegen und die Referenzwerte für eine realistische Einstufung der umfassend erhobenen Innenentwicklungspotenziale liefern, bietet die hier vorgestellte Methode eine Alternative. Ihr Vorteil liegt in der Festlegung pauschalierter jährlicher Aktivierungsdaten je Innenentwicklungstyp, die unter Einbeziehung der vielfältigen Bestimmungsfaktoren für die Aktivierbarkeit der Potenziale je Kommune individuell und im Dialog der kommunalen Entscheidungsträger bestimmt werden können. Die Vorgehensweise ist damit auch auf jede andere Kommune übertragbar. Die Festlegung von Aktivierungsdaten hat sich in den elf teilnehmenden Kommunen und im regionalen Dialog bewährt. Sie finden nach Abschluss des Projektes inzwischen auch in der Planungspraxis bei der Neuaufstellung von Flächennutzungsplänen (Flächenbedarfs- und Flächenpotenzialberechnung) Anwendung. Aktuell werden sie zudem in der Region (vgl. Projekt Praktiziertes Flächenmanagement in der Region Freiburg/PFIF) als Maßgabe zur Konkretisierung der Anrechnung von Innenentwicklungspotenzialen im Rahmen der neuen Zielvereinbarungen des Landes mit den Regierungspräsidien zum Bauflächenbedarfsnachweis (vgl. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2009) diskutiert.

## Literatur

- Baader Konzept (2008): Bericht zum Aufbau des Baulandkatasters – Stadt Emmendingen.
- Dahm, Susanne (2007): Bau- und Wohnflächenreserven in kleinen Kommunen in Baden-Württemberg, Karlsruhe (Schriftenreihe des Instituts für Städtebau und Landesplanung an der Universität Karlsruhe Bd. 36).
- Kauertz, Christine, und Katharina Koch (2008): Die Zukunft liegt im Bestand – Perspektiven und Handlungsempfehlungen, in: BWGZ Gemeindetag Baden-Württemberg 21, S. 802–806.
- Landesamt für Umwelt Bayern (LFU) (Hrsg.) (2009): Flächenmanagement in interkommunaler Zusammenarbeit (FLIZ) in der Interkommunalen Allianz Oberes Werntal. Abschlussbericht, Augsburg (Umwelt spezial).
- Molder, Frank, und Sabine Müller-Herbers (2007): Baulandkataster in mittleren und kleinen Kommunen, in: PlanerIn 5, S. 39–41.

- Müller-Herbers, Sabine, und Frank Molder (2009): Eigentümeransprache lohnt sich, in: Bock, Stephanie, Ajo Hinzen und Jens Libbe (Hrsg.): Nachhaltiges Flächenmanagement in der Praxis erfolgreich kommunizieren. Ansätze und Beispiele aus dem Förderschwerpunkt REFINA (Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band IV), S. 67–76.
- Müller-Herbers, Sabine, und Frank Molder (2008): Neue Handlungshilfen für eine aktive Innenentwicklung (HAI) – Ergebnisse. Tagungsband zum REFINA-Workshop der Vier-Länder-Arbeitsgemeinschaft „Flächenmanagement und Flächenrecycling in Umbruchregionen“, Hof.
- Öko-Institut e.V. (Hrsg.) (2008): Die Zukunft liegt im Bestand – Kommunales Flächenmanagement in der Region, Darmstadt.
- Rat für nachhaltige Entwicklung (Hrsg.) (2007): Erfolgsfaktoren zur Reduzierung des Flächenverbrauchs in Deutschland, Berlin.
- Regionalverband Südlicher Oberrhein (Hrsg.) (2008): Flächenmanagement durch innovative Regionalplanung. Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt FLAIR, Freiburg.
- Stadt Köln (1999): Wohnungsbau 2000 Programm. Baulückenschließungen, Köln.
- Stadt Stuttgart, Stadtplanungsamt (Hrsg.) (2003): Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart (NBS), Stuttgart.
- Umweltministerium Baden-Württemberg/Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.) (2008): Kleine Lücken – Große Wirkung. Baulücken, das unterschätzte Potenzial der Innenentwicklung, [www.hai-info.net/HAI\\_Folder\\_090109.pdf](http://www.hai-info.net/HAI_Folder_090109.pdf)
- Verband Region Stuttgart (Hrsg.) (2006): Nachhaltiges regionales Siedlungsflächenmanagement in der Region Stuttgart – Schlussbericht des Forschungsprojekts MORO-RESIM.
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2009): Hinweise für die Plausibilitätsprüfung der Bauflächenbedarfsnachweise im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 6 BauGB und nach § 10 Abs. 2 BauGB vom 01.01.2009, Stuttgart.
- Wirtschaftsministerium/Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2009): Raum+ Nachhaltiges grenzüberschreitendes Siedlungsflächenmanagement, Stuttgart.

### Autorinnen



Sabine Müller-Herbers, Dr. (Universität Nijmegen), Dipl.-Ing. Raumplanung (Dortmund), geb. 1963, 1990–1995 als Umweltgutachterin für Infrastrukturgroßprojekte in Consulting-Büros beschäftigt, ab 1996 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Fakultät Architektur und Stadtplanung der Universität Stuttgart sowie freiberuflich für Kommunen und Planungsbüros im Bereich der grenzüberschreitenden Umweltplanung (Niederlande, Deutschland, Slowenien) tätig, Lehrbeauftragte an der Hochschule Nürtingen-Geislingen im Studiengang Stadtplanung (Planungstheorie und -methoden), seit 2000 Entwicklung des Aufgabenfeldes Flächenmanagement und aktive Innenentwicklung als



Projektleiterin bei der Baader Konzept GmbH in Mannheim und  
Gunzenhausen;  
E-Mail: [s.mueller-herbers@baaderkonzept.de](mailto:s.mueller-herbers@baaderkonzept.de)



*Christine Kauertz*, Dipl.-Ing., geb. 1979, Studium der Raum- und  
Umweltplanung an der TU Kaiserslautern, seit 2006 wissen-  
schaftliche Mitarbeiterin bei der Baader Konzept GmbH in  
Mannheim in den Themenfeldern Flächenmanagement und  
aktive Innenentwicklung;  
E-Mail: [C.Kauertz@baaderkonzept.de](mailto:C.Kauertz@baaderkonzept.de)

## Flächenkonstanz Saar

**Ein innovativer Ansatz zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme im Saarland auf Null Hektar pro Tag bis zum Jahr 2020**

*Peter Doetsch*

**REFINA-Forschungsvorhaben: Flächenkonstanz Saar – Wege für das Land – Konzept für eine Neuflächeninanspruchnahme von Null**

**Verbundkoordination:** LEG Saar mbH

**Projektpartner:** RWTH Aachen, Fakultät für Bauingenieurwesen, Lehr- und Forschungsgebiet Abfallwirtschaft; Fachhochschule Aachen, Fachbereich Architektur – Lehrgebiet Städtebau; Probiotec GmbH; Altenbockum & Partner

**Modellraum:** Saarland

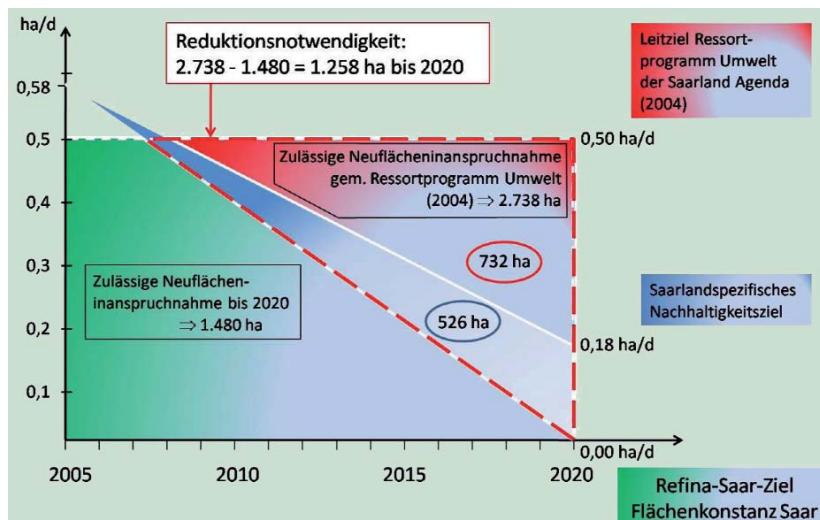
**Projektlaufzeit:** 15.07.2006 bis 14.10.2008

**Projektwebsite:** [www.strukturholding-leg.de/zukunftsaufgabeflaechenmanagement/](http://www.strukturholding-leg.de/zukunftsaufgabeflaechenmanagement/)

Zur Verminderung der Flächeninanspruchnahme im Saarland wurde eine Konzeption entwickelt, die fondsgestützt städtebauliche Innenentwicklungsmaßnahmen sowie Renaturierungen im erweiterten Siedlungsbereich durch Vorfinanzierung der kommunalen Eigenanteile unterstützt, wenn die Kommunen im Gegenzug, abhängig vom Vorfinanzierungsbedarf, Flächen aus der Bebaubarkeit und/oder Beplanbarkeit zurückgeben. Der Umfang der Rückgabeflächen wird über einen mehrstufigen Bewertungsansatz ermittelt. Die benötigten Fondsmittel resultieren aus einer strukturenzustandsgesteuerten Neuflächeninanspruchnahme-Umlage.

### 1. Der Ansatz „Flächenkonstanz Saar“ im Überblick

Obwohl die derzeitige Flächeninanspruchnahme im Saarland mit 0,58 ha/d (2005) vergleichsweise niedrig ist, entspricht sie weder dem für das Saarland spezifizierten, nationalen Nachhaltigkeitsziel in Höhe von 0,18 ha/d (2020), noch genügt sie der ambitionierten Zielsetzung des REFINA-Vorhabens „Flächenkonstanz Saar“. Diese sieht vor dem Hintergrund des heute bereits hohen Anteils der Siedlungs- und Verkehrsfläche (20,1 Prozent) an der Katasterfläche sowie angesichts der demografischen Entwicklung (Bevölkerungsrückgang um ca. acht Prozent bis 2020) eine Reduktion der Flächeninanspruchnahme auf Null Hektar pro Tag vor (vgl. Abbildung 1). Deutliche Warnsignale, die eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme sowie die Konzentration der Siedlungsentwicklung auf attraktive, lebenswerte und lebensfähige Siedlungskerne nahe legen, sind die Leerstandsproblematik in den Siedlungskernen, vor allem der kleinen Kommunen, die befürchtete „Drei-Klassen-Gesellschaft“ (wachsende, stabile, schrumpfende Kommunen), der Verlust natürlicher Bodenfunktionen und die Zerschneidung von Freiräumen, die unwirtschaftlichen Bauflächenerschließungen als Angebote bei geringer Nachfrage sowie steigende Infrastrukturkosten durch überdehnte Netze.



**Abbildung 1:**  
Zielgrößen der Verminderung der Flächeninanspruchnahme im Saarland

Quelle: Eigene Darstellung.

### Erläuterung der Zielgrößen

Im Saarland wurde bereits 2004 im Rahmen des Ressortprogramms Umwelt der Saarland-Agenda das Leitziel formuliert, den mittleren „Flächenverbrauch“ dauerhaft auf 0,5 Hektar pro Tag zu begrenzen. Vergleicht man die umweltpolitische Zielsetzung (0,5 ha/d, dauerhaft) in ihrer Auswirkung auf den Zeithorizont 2020, der für die Einhaltung des nationalen 30 ha-Ziels angesetzt wird, so resultiert hieraus für das Saarland ein weiteres Flächeninanspruchnahmepotenzial in Höhe von ca. 2 738 ha. Dies deckt sich sehr gut mit den bisherigen landesplanerischen Festlegungen im Landesentwicklungsplan Umwelt (2004) in Höhe von rund 1 665 ha für Gewerbe, Industrie und Dienstleistung sowie im Landesentwicklungsplan Siedlung (2006) mit Wohnbaupotenzialen im Umfang von ca. 1 063 ha. Die Zielvorstellung, die zukünftige Flächeninanspruchnahme auf 0,5 ha/d zu begrenzen, entspricht nicht dem für das Saarland spezifizierten, nationalen Nachhaltigkeitsziel, denn bei der Umrechnung der Zielgröße (30 ha/d) jeweils zu 50 Prozent über die Einwohnerzahl sowie die Katasterfläche bei zusätzlicher Gewichtung gemäß dem Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Katasterfläche ergibt sich für das Saarland lediglich ein bis 2020 noch verfügbares Flächeninanspruchnahmepotenzial in Höhe von 0,18 ha/d und damit gegenüber den landesplanerischen Optionen ein Reduktionsumfang von 732 ha bis 2020. Demgegenüber geht die Zielsetzung des REFINA-Verbundprojektes „Flächenkonstanz Saar“ davon aus, dass kontinuierlich fallend bis zum Jahr 2020 die Neuflächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke von derzeit rd. 0,5 ha/d (0,58 ha/d, 2005) auf dann 0,00 ha/d (2020) verringert werden soll. Dieses Ziel kann entweder dadurch erreicht werden, dass die reale Neuflächeninanspruchnahme tatsächlich in der Summe über die nächsten 15 Jahre auf rund 1 480 ha beschränkt wird, was gegenüber der derzeitigen landesplanerischen Festlegung eine Verminderung um 1 258 ha umfasst, oder dass im Sinne einer ausgeglichenen Flächenbilanz so viel Fläche durch

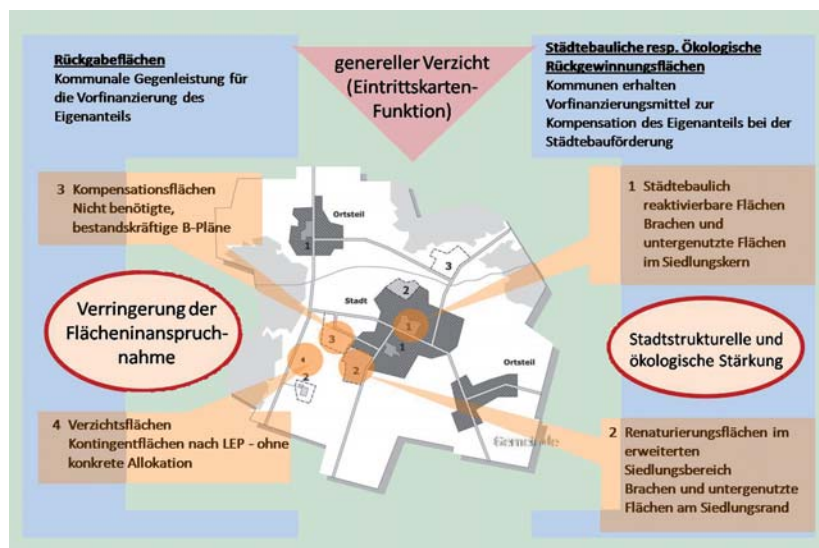
„Rekultivierung“ resp. Rücknahme der Bebaubarkeit an die „Natur zurückgeben“ werden muss, wie die Neuflächeninanspruchnahme über dem bis 2020 verfügbaren Inanspruchnahmepotenzial in Höhe von 1 480 ha liegt.

Vor diesem Hintergrund liegt die Zielsetzung des REFINA-Projektes „Flächenkonstanz Saar“ darin, in Form einer Doppelstrategie einerseits die Innenentwicklung und die Renaturierung brachliegender versiegelter Flächen durch eine fondsgestützte Vorfinanzierung zu intensivieren (stadtstrukturelle und ökologische Stärkung), andererseits zu einer Verringerung der Flächeninanspruchnahme dadurch beizutragen, dass in Äquivalenz zu den benötigten Mitteln sowohl auf Neuausweisungen (Kontingente gemäß LEP-Umwelt und LEP-Siedlung; Verzichtflächen) als auch auf die Realisierung bestehender Bebauungsmöglichkeiten (Kompensationsflächen), z.B. im Rahmen bestandskräftiger Bebauungspläne und Reserveflächen der Flächennutzungspläne, sowie auf die Potenziale gemäß § 34 BauGB stadtentwicklungsverträglich verzichtet wird.

Das Konzept entspricht dem Gegenstromprinzip „Geld gegen Fläche“ (vgl. Abbildung 2) und basiert darauf, die Kommunen zur freiwilligen Beteiligung im Rahmen ihrer Planungshoheit einzuladen. Teilnehmende Kommunen erhalten zur Vorfinanzierung ihrer Eigenanteile (ca. 30 Prozent) für Maßnahmen der städtebaulichen Reaktivierung (Innenentwicklung) sowie der ökologischen Renaturierung die erforderlichen Mittel aus dem einzurichtenden Fonds „Flächenkonstanz Saar“, um die bei der Städtebauförderung erforderliche Eigenbeteiligung temporär zu substituieren.

#### Abbildung 2:

Das Gegenstromprinzip –  
Geld gegen Fläche



Quelle: Eigene Darstellung.

Im Gegenzug für die Vorfinanzierung verzichten die Kommunen grundsätzlich auf einen je nach Innenentwicklungsreserven definierten Teil der ihnen landesplanerisch eröffneten Ausweisungspotenziale (Vorabverzicht; Teilnahmevoraussetzung) und geben darüber hinaus die Bebaubarkeit (Kompensationsflächen) und/oder die Beplanbarkeit (Verzichtflächen) weiterer Flächen definitiv auf. Der Umfang



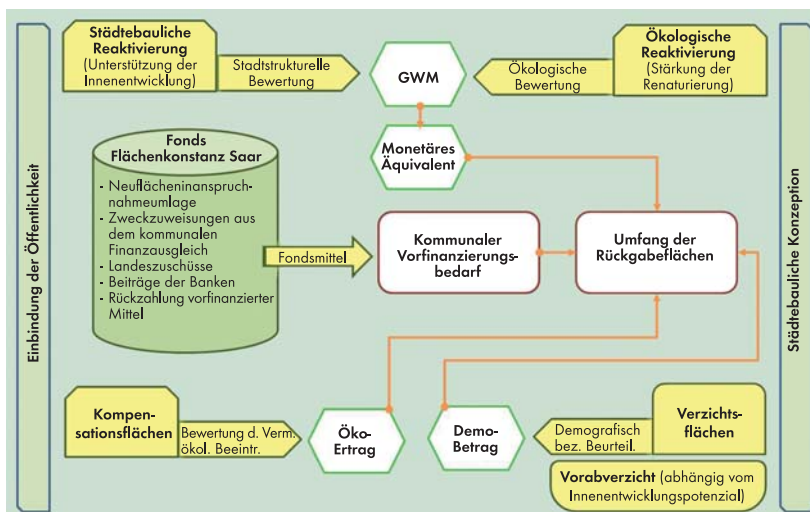
dieser Rückgabeflächen ist an die Höhe der in Anspruch genommenen Vorfinanzierung gekoppelt und wird über ein mehrstufiges Bewertungsmodell ermittelt.

## 2. Die zentralen Elemente und Bewertungsroutinen

Das Konzept „Flächenkonstanz Saar“ enthält, wie Abbildung 3 dokumentiert, mehrere Bewertungsschritte, um je nach dem erforderlichen kommunalen Vorfinanzierungsbedarf den Umfang der notwendigen Rückgabeflächen zu quantifizieren. Er hängt zum einen umgekehrt proportional ab von der Qualität der städtebaulichen Reaktivierung und der Qualität der ökologischen Renaturierung, d.h., bei hoher Qualität sinkt die Größe der zurückzugebenden Kompensations- und/oder Verzichtsf lächen. Maßstab ist der gewichtete Mittelwert (GMW) aus städtebaulicher und ökologischer Wertigkeit und das hiervon abhängige Monetäre Äquivalent, das für Kompensations- und Verzichtsf lächen unterschieden wird. Zusätzlich vermindert die über eine spezifische Bewertung quantifizierte Vermeidung ökologischer Beeinträchtigungen infolge Bebauungsverzicht bei Kompensationsflächen die Größe der diesbezüglich anzurechnenden Fläche, während der Umfang der Verzichtsf lächen je nach gemeindespezifischem Demografieanpassungsdruck ansteigt, d.h., in Gemeinden mit hoher Schrumpfungswahrscheinlichkeit wird der Umfang der dem Vorfinanzierungsbedarf äquivalenten Verzichtsf läche größer.

Grundvoraussetzung für alle Bewertungsansätze ist, dass die notwendigen Einordnungen von den Antragstellern ohne großen und eventuell zusätzlichen methodischen Aufwand durchgeführt werden können. Die Bewertungen müssen, im Sinne hinreichender Akzeptanz, aus vorliegenden Informationen, beispielsweise Vorgaben der Landesplanung und Gemeindeentwicklungskonzepten, ableitbar sein, plausibel die zu bewertenden Sachverhalte beschreiben und eine ausreichende Trennschärfe aufweisen.

Die Relevanz der zur Förderung angemeldeten städtebaulich reaktivierbaren Flächen (Flächentyp 1) wird über deren Beitrag zur Stärkung der Innenentwicklung quantifiziert; dementsprechend stehen Kriterien der städtebaulichen und gesell-



**Abbildung 3:**

Grundprinzip des Förderkonzeptes „Flächenkonstanz Saar“

Quelle: Eigene Darstellung.

**Tabelle 1:**

Kriterien zur Bewertung der städtebaulichen/gesellschaftlichen Potenziale von Reaktivierungsflächen

Quelle: Eigene Darstellung.

schaftlichen Flächenpotenziale im Vordergrund (vgl. Tabelle 1). Die Antragsteller sind gehalten, für die zur Förderung geplanten Flächen die kriterienspezifische Bedeutung der Reaktivierung verbal-argumentativ zu beschreiben und in ein Bewertungsprofil mit den Stufen „hoch – mittel – klein“ entsprechend einer Punktbewertung „5 – 3 – 1“ einzuordnen. Bewertet wird jede einzelne Fläche des Flächentyps 1 nach dem skizzierten Schema, wobei sich der Wert der städte-

| Kriterium   | Hoch (5)   | Mittel (3)   | Niedrig (1)  |
|---|--|--|--|
| Zentralität im Stadtgebiet / Gemeindegebiet               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage im (historischen) Ortskern</li> <li>• Lage in Fußgängerzone</li> <li>• Lage im Mittelpunkt eines Stadtteilzentrums</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lage im Randbereich des (historischen) Ortskerns</li> <li>• Lage im Erschließungsbereich einer Fußgängerzone</li> <li>• Lage am Rand eines Stadtteilzentrums</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• sonstige Lage im Stadt- / Gemeindegebiet; kein lokales Zentralitätsmerkmal erfüllt</li> </ul>                   |
| Beitrag zum Stadtbild und kulturhistorische Bedeutung     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäude (Fläche) im reaktivierten Zustand hat stadtbildprägenden Charakter</li> <li>• Historisches Denkmal / hoher Stellenwert für Stadthistorie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäude (Fläche) im reaktivierten Zustand hat Wiedererkennungswert für die Bevölkerung in der Stadt resp. im Ortsteil</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäude / Fläche ohne stadtbildprägenden Charakter</li> <li>• geringer Stellenwert für Stadthistorie</li> </ul> |
| Anpassungswirkung an demographische Entwicklung           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme verbessert das Wohnumfeld</li> <li>• Maßnahme verbessert die Lebensbedingungen für ältere Menschen oder Familien mit Kindern</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme kann dazu beitragen, die Demographieproblematik zu vermindern</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme hat kaum Auswirkungen auf die Demographieproblematik</li> </ul>  |
| Gesellschaftlicher Integrationsbeitrag                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme optimiert die Integration von Migranten</li> <li>• Maßnahme vermindert die soziale Segregation</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme kann im Verbund mit anderen Maßnahmen die Integration verbessern</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme hat keine Auswirkung auf die Integration von Migranten und die soziale Segregation</li> </ul>          |
| Lage im Verkehrsnetz                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe überörtliche und örtliche Lagegunst</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute örtliche Lagegunst</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrliche Randlage</li> </ul>  |
| Städtische Funktion gemäß Planungsvorgaben                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme entspricht optimal dem Gemeindeentwicklungskonzept (Leuchtturmcharakter)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme ist für die Stadtentwicklung substantiell</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme entspricht den Planungsvorgaben</li> </ul>   |
| Beitrag zu zentralörtlichen Funktionen gemäß LEP-Siedlung | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme unterstützt viele zentralörtliche Aufgaben</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme unterstützt einige zentralörtliche Funktionen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme unterstützt lediglich eine zentralörtliche Funktion</li> </ul>   |
| Umfeldaufwertung  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme erhöht längerfristig den Wert umliegender Immobilien</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme stabilisiert den Wert umliegender Immobilien</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme stoppt den Wertverfall umliegender Immobilien</li> </ul>   |
| Touristische Wertigkeit                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme hat Potenzial als Touristenmagnet</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme eröffnet überregionale Touristenpotenziale</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahme eröffnet regionale Touristenpotenziale</li> </ul>  |
| Einwohneridentifikationspotenzial                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Symbolwert</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mittlerer Symbolwert</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• niedriger Symbolwert</li> </ul>   |

baulichen/gesellschaftlichen Relevanz ( $W_X$ ) als Mittelwert der kriterienspezifischen Beurteilungen ergibt. Zusätzlich wird bei der beantragten Reaktivierung mehrerer Flächen die städtebauliche/gesellschaftliche Verbundwirkung durch begründete Aussagen zum Verstärkungs-/Ergänzungseffekt als groß (Wertziffer 2) oder klein bzw. nicht vorhanden (Wertziffer 1) klassifiziert, um, unter Ansatz dieser Wertziffern ( $W_V$ ) als Faktoren, aus den mittleren Bewertungen ( $W_X$ ) der betrachteten Flächen den Gesamtwert ( $GW_{RA}$ ) der Reaktivierungsmaßnahmen als  $GW_{RA} = (1/X \cdot \sum X \cdot W_X) \cdot W_V$  zu ermitteln, wobei die Gesamtbewertung zwischen minimal 1 und maximal 10 liegen kann.

Für die Renaturierungsflächen (Flächentyp 2), die in der Regel im erweiterten Siedlungsbereich liegen dürften, werden anhand der Kriterien in Tabelle 2 das durch Entsiegelung und Renaturierung aktivierbare ökologische Potenzial punktbewertend (5 - 3 - 1) quantifiziert sowie die ökologische Verbundwirkung beurteilt, beispielsweise wenn mehrere Flächen im Verbund eine Kaltluftschneise eröffnen und so zum Klimaausgleich in einer Gemeinde beitragen. In Analogie zu

**Tabelle 2:**

Kriterien zur Bewertung der ökologischen Potenziale von Renaturierungsflächen

Quelle: Eigene Darstellung.

| Kriterium                  | Hoch (5)   | Mittel (3)   | Niedrig (1)  |
|----------------------------|--|--|--|
| Bodenqualität              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf 80 % bis 100 % der Fläche</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf 40 % bis 80 % der Fläche</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bodenbelastung kleiner als Vorsorgewerte der BBodSchV auf &lt; 40 % der Fläche</li> </ul> |
| Grundwasserneubildung      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche zu 80 % - 100 % entsiegelt</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche zu 40 % - 80 % entsiegelt</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche &lt; 40 % entsiegelt</li> </ul>  |
| Grundwasserqualität        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verweildauer des Sickerwassers in der ungesättigten Zone &gt; 10 Jahre</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verweildauer des Sickerwassers in der ungesättigten Zone 3 - 10 Jahre</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verweildauer des Sickerwassers in der ungesättigten Zone bis zu 3 Jahren</li> </ul>       |
| Klimatisches Potenzial     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kaltluftentstehung + Erhöhung der Luftfeuchte + Funktion als Luftschneise + Schadstofffilter</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kaltluftentstehung und Luftschneise</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>nur Kaltluftentstehung</li> </ul>   |
| Abflussretention           | <ul style="list-style-type: none"> <li>ebene Fläche</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>geneigte Fläche</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>große Hangneigung</li> </ul>  |
| Erosionsschutz             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche überwiegend mit Bäumen, Sträuchern, Hecke, Gras bewachsen</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche ist zu weniger als 50 % mit Grünbewuchs versehen</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche weist deutlich unbegrünte Areale auf (&gt; 60 %)</li> </ul>                        |
| Biotopqualität             | <ul style="list-style-type: none"> <li>größer als 80 % der Fläche naturnah</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>40 % - 80 % der Fläche naturnah</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>kleiner 40 % der Fläche naturnah</li> </ul>   |
| Biotopvernetzung           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche schließt Lücke in einem regionalen Biotopverbundsystem</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche hat lediglich lokale Vernetzungsfunktion</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>keine lokale Biotopvernetzung</li> </ul>  |
| Stadt- und Landschaftsbild | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fläche mit bedeutenden bildwirksamen Einzelstrukturen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Renaturierte Fläche erhöht die visuelle Qualität</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Renaturierte Fläche weist keine stadt-/landschaftsbildprägenden Merkmale auf</li> </ul>   |
| Erholungsfunktion          | <ul style="list-style-type: none"> <li>gute Eingliederung in lokales Fußwegenetz</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>begrenzte Eingliederung in lokales Fußwegenetz</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>isolierte Lage</li> </ul>   |

den Reaktivierungsmaßnahmen berechnet sich der Gesamtwert ( $G\ddot{O}_{RN}$ ) der Renaturierungsmaßnahme im Wertspektrum zwischen 1 und 10.

### Definition „Erweiterter Siedlungsbereich“

Der erweiterte Siedlungsbereich ist keine starre Raumkategorie, sondern hat eine gemeindespezifische Dimension. Er wird eingegrenzt durch die siedlungsstrukturelle Lage sowie die Problematik der Infrastruktursituation und umfasst sowohl am Rand des Innenbereiches als auch im Außenbereich Flächen, deren bauliche Nutzung vernünftigerweise nicht aufrechterhalten werden soll.

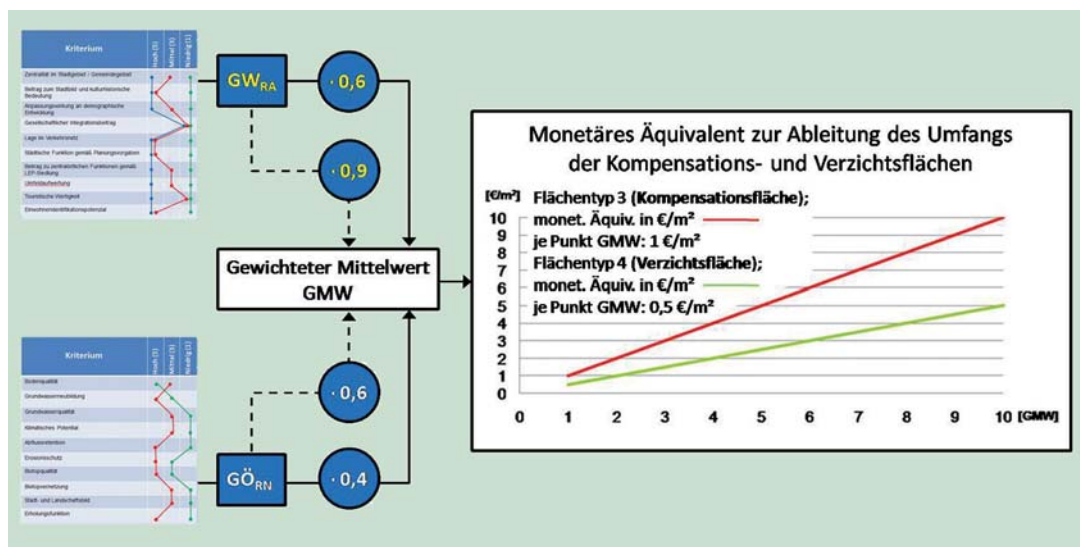
Aus den spezifischen Gesamtbewertungen der Reaktivierungsflächen ( $GW_{RA}$ ) und der Renaturierungsflächen ( $G\ddot{O}_{RN}$ ), die quantitative Abbilder der städtebaulichen und ökologischen Qualität der beantragten Maßnahmen sind, wird ein gewichteter Mittelwert (GMW) gebildet, in den die Gesamtbewertung der Reaktivierungsflächen zu 60 Prozent (Stärkung der Innenentwicklung) und die Gesamtbewertung der Renaturierungsflächen zu 40 Prozent eingehen. Sollte innerhalb einer Gemeinde nur die Reaktivierung oder nur die Renaturierung möglich sein und dementsprechend kein gewichteter Mittelwert nach obigem Ansatz berechnet werden können, so wird für die Einzelbetrachtung beider Flächentypen der Wertansatz um jeweils 50 Prozent erhöht und hiermit eine analoge Größe zum gewichteten Mittelwert nur für die Reaktivierung oder die Renaturierung ermittelt (vgl. Abbildung 4).

Der gewichtete Mittelwert (GMW) ist die zentrale Ausgangsgröße für das Monetäre Äquivalent (vgl. Abbildung 4), das je nach den benötigten Vorfinanzierungsmitteln für Reaktivierung und Renaturierung den Umfang der im Gegenstromprinzip zurückzugebenden Kompensations- und/oder Verzichtsflächen (Flächentyp 3; Flächentyp 4) steuert. Wie Abbildung 4 dokumentiert, liegt das Monetäre Äquiva-

#### Abbildung 4:

Gewichteter Mittelwert und Monetäres Äquivalent

Quelle: Eigene Darstellung.





lent mit zunehmendem GMW (höhere Qualität der beantragten Maßnahme) linear steigend zwischen 1,0 und 10,0 Euro/m<sup>2</sup>, während es für Verzichtsf lächen jeweils halb so groß ist (0,5 bis 5 Euro/m<sup>2</sup>). Hiermit werden Maßnahmen besonderer städtebaulicher und/oder ökologischer Güte besonders herausgestellt und initiiert, da die für den Ausgleich der Eigenmittelvorfinanzierung aus der Bebaubarkeit zurückzunehmenden Kompensationsflächen sowie die aus der Beplanbarkeit herauszulösenden Verzichtsf lächen mit höherem Monet ärem Äquivalent in ihrem Umfang abnehmen, wie die nachfolgenden Berechnungsansätze aufzeigen:

Flächenbedarf Kompensation: 
$$F_{Komp} [m^2] = \frac{\text{Vorfinanzierungsbedarf [€]}}{\text{Monet. Äquiv. [€/m}^2\text{]} + \text{Öko-Ertrag [€/m}^2\text{]}}$$

Flächenbedarf Verzicht: 
$$F_{Verz} [m^2] = \frac{\text{Vorfinanzierungsbedarf [€]}}{\text{Monet. Äquiv. [€/m}^2\text{]} + \text{Demo-Betrag [€/m}^2\text{]}}$$

Für die Kompensationsflächen enthält der Berechnungsansatz mit dem Öko-Ertrag eine additive Ergänzung des Monet ären Äquivalents, die über eine Bewertung der durch Bebauungsverzicht vermiedenen ökologischen Beeinträchtigungen quantifiziert wird. Die verbleibenden (geretteten) ökologischen Potenziale der nicht bebauten Flächen werden standortspezifisch (Ist-Zustand) unter Ansatz von Kriterien der saarländischen Eingriffs-/Ausgleichsregelung (Ökokonto) sowie lagespezifisch unter Berücksichtigung ausgewählter Festlegungen und Ziele des im Entwurf vorliegenden „Landschaftsprogramms Saarland“ anhand der in Tabelle 3 dargestellten Bewertungsmatrix beurteilt und durch die drei Wertstufen des Öko-Ertrages „groß – mittel – klein“, entsprechend „10 Euro/m<sup>2</sup> – 5 Euro/m<sup>2</sup> – 0 Euro/m<sup>2</sup>“, abgebildet.

| Lage gemäß Landschaftsprogramm →<br>Ökologischer Wert (ÖW) ↓ | Lage im UZR<br>oder | Lage im Kaltluftentstehungsgebiet mit Siedlungs-<br>oder | Lage im Landschaftsschutzgebiet Neuordn.<br>oder | Fläche mit sehr hoher/hohen Bedeutung für Naturschutz<br>oder | Fläche mit mittlerer Bedeutung für Naturschutz<br>oder | Lage außerhalb Siedlungsbegrenzung<br>oder | andere Lage (keines der vorgenannten Kriterien trifft zu) |
|--|---------------------|--|--|---|--|--|---|
| >20 – 30   | groß                | groß   | groß   | groß  | mittel   | mittel                                     | mittel  |
| 10 – 20  | groß                | groß   | mittel   | mittel  | mittel   | klein                                      | klein   |
| <10  | mittel              | mittel   | klein  | klein   | klein  | klein                                      | klein   |

**Tabelle 3:**  
Öko-Erträge für Kompensationsflächen

Quelle: Eigene Darstellung.

| Einwohnerentwicklung →<br>Billetermaß ↓ | >103%  | 97,1 – 103% | ≤97%   |
|---|--------|-------------|--------|
| ≤96%                                    | klein  | klein       | mittel |
| 96,1 – 105%                             | mittel | mittel      | groß   |
| >105%                                   | mittel | groß        | groß   |

**Tabelle 4:**  
Demo-Beträge für Verzichtsf lächen

Quelle: Eigene Darstellung.

Bei Verzichtsf lächen modifiziert der Demografieanpassungsdruck der Gemeinde (monetärer Demo-Betrag) den Berechnungsansatz. Der Demo-Betrag ist so definiert, dass er bei Gemeinden mit hoher Schrumpfungswahrscheinlichkeit zu 0 Euro/m<sup>2</sup> gesetzt wird, bei mittlerer Wahrscheinlichkeit zu 5 Euro/m<sup>2</sup> und bei kleinem Schrumpfungsdruck zu 10 Euro/m<sup>2</sup>.



Das heißt, die aus dem Vorfinanzierungsbedarf abzuleitende Verzichtsfäche wird umso größer, je stärker der Schrumpfungs-/Demografieranpassungsdruck in der jeweiligen Gemeinde ist. Für seine Quantifizierung (vgl. Tabelle 4) wird eine Kombination aus dem saarlandnormierten, gemeindespezifischen Billetermaß (zukunftsorientierte Sicht) sowie der analog normierten Gemeindeeinwohnerentwicklung im Zeitraum 1995 bis 2006 (vergangenheitsorientierte Sicht) der jeweiligen Gemeinde angesetzt und je nach Ausprägung den genannten Wertstufen (Demo-Beträge) zugeordnet.

$$\text{Billetermaß} = \frac{(P_{0-14} - P_{50+})}{P_{15-49}}$$

**Billetermaß:** Das Billetermaß bildet die Wirkung des Geburtenniveaus auf den Alterungsprozess ab. Es setzt die noch nicht reproduktive Bevölkerung (unter 15-Jährige,  $P_{0-14}$ ), vermindert um die nicht mehr reproduktive Bevölkerung (50-Jährige und Ältere,  $P_{50+}$ ), ins Verhältnis zur Bevölkerung im aktiven generativen Alter (15- bis unter 50-Jährige,  $P_{15-49}$ ) und gewichtet so das generative Potenzial der Bevölkerung. Je kleiner sein Wert ist, desto älter ist im demografischen Sinne die Bevölkerung. Je weniger junge Menschen nachwachsen, desto negativer wird der Wert und desto intensiver ist der Alterungsprozess.

### Beispielgemeinde „Musterstadt“ im Saarland

Die Gemeinde „Musterstadt“ mit einem „kleinen“ Innenentwicklungspotenzial müsste zehn Prozent der zusätzlichen LEP-Kontingente für Wohnsiedlungstätigkeit als Vorwegabzug einstellen, um an dem Programm teilnehmen zu können; alternativ oder in Kombination ist auf einen entsprechenden Teil der Vorrangflächen zu verzichten. In den Kommunen, in denen diese Kontingente bereits bauleitplanerisch umgesetzt sind (FNP), können auch diese Flächen als Verzichtsfächen eingebracht werden. Für das Beispiel (vgl. nachfolgende Darstellung) sei angenommen, dass bei der Reaktivierung von drei miteinander in städtebaulichem Bezug stehenden Innenbereichsflächen (Typ 1) mit einer Gesamtgröße von 7 000 m<sup>2</sup> ein Gesamtaufwand von 600 000 Euro entstünde. Es würden also 180 000 Euro Fondsmittel bewegt, um den kommunalen Eigenanteil (30 Prozent) vorzufinanzieren. Gekoppelt wäre dies mit der Renaturierung zweier voneinander unabhängiger Flächen im erweiterten Siedlungsbereich mit einer Gesamtgröße von 2 000 m<sup>2</sup> bei einem Gesamtaufwand von 100 000 Euro (also einem Fondsanteil von 30 Prozent = 30 000 Euro).

Bei einer mittleren Qualität dieser Maßnahme (GMW = 4,8), einem mittleren Öko-Ertrag der Kompensationsflächen (5,0 Euro/m<sup>2</sup>), kleiner Schrumpfungswahrscheinlichkeit (Demo-Betrag: 10 Euro/m<sup>2</sup>) sowie der Aufteilung der Flächenrückgabe im Verhältnis 2/3 zu 1/3 auf Kompensationsflächen und Verzichtsfächen ergibt sich, unter Einrechnung des Vorabverzichts, insgesamt eine Flächeninanspruchnahmereduktion in Höhe von ca. 5,0 ha.





|   |   |
|---|---|
| Katasterfläche:                               | 5 900 ha  |
| SuV-Fläche:                                   | 1 100 ha  |
| Geb.- u. Freifl.:                             | 500 ha  |
| Einwohner 2006:                               | 15 000  |
| Einwohnerentw. 95-06:                         | 97,3 % (Saarland: 96,2 %)   |
| Billetermaß:                                  | - 0,52 (Saarland: - 0,60)   |
| Innenentwicklungsreserven:                    | 11,0 ha   |
| Kompensationsflächen (nicht erschl. B-Pläne): | 14 ha<br>(ca. 15 Prozent = 2,1 ha der K.-Flächen liegen in einem Kaltluftentstehungsgebiet; der ökol. Wert [Ökokonto Saarl.] liegt bei ÖW < 10) |
| Verzichtsflächen (LEP-Siedl./LEP-Umwelt):     | 30 ha   |
| Beantragte Innenreaktivierungsmaßnahmen:      | 3 Innenstadflächen  |
| Beantragte Renaturierungsmaßnahmen:           | 2 Flächen   |

### Vorabverzicht (Eintrittskarte):

Innenentwicklungspotenzial =  $11/500 = 0,022 \approx 2\% \rightarrow$  klein  $\rightarrow 10\%$  der Verzichtsflächen =  $0,1 \cdot 30 \text{ ha} = 3,0 \text{ ha}$

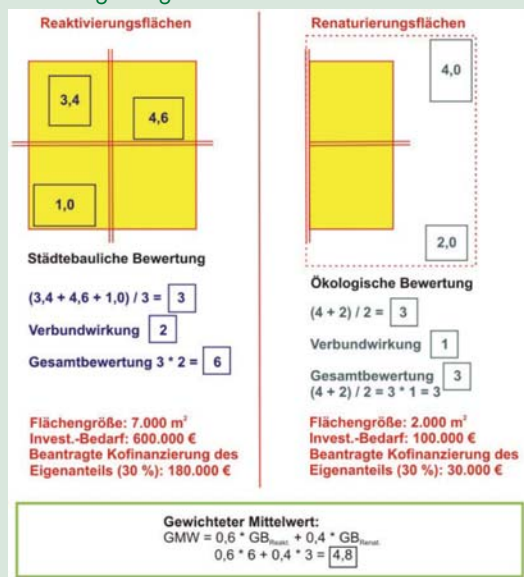
Insgesamt durch Flächenrückgabe auszugleichende Vorfinanzierung:

210 000 Euro (Ausgleich soll gem. Ratsbeschluss zu 2/3 über K.-Flächen [= 140 000 Euro] und zu 1/3 über V.-Flächen [= 70 000 Euro] erfolgen)

### Monetäres Äquivalent bei $GMW = 4,8$

- $\rightarrow$  Kompensationsflächen: 4,80 Euro/m<sup>2</sup>
- $\rightarrow$  Verzichtsflächen: 2,40 Euro/m<sup>2</sup>

### Ermittlung des gewichteten Mittelwertes



*Öko-Ertrag der Kompensationsflächen:*

| Lage gemäß<br>landschafts-<br>programm → | Lage im<br>UZR | Lage im<br>Kaltluftent-<br>stehungsge-<br>biet mit<br>Siedlungs-<br>b. |
|--|----------------|--|
| Ökologi-<br>scher Wert<br>(ÖW) ↓         |                |  |
| >20-30                                   | groß           | groß   |
| 10-20                                    | groß           | groß   |
| <10                                      | mittel         | mittel   |

→ 5,0 Euro/m<sup>2</sup>*Demo-Betrag der Verzichtsf Flächen:*

Musterstadt:

Einwohnerentwicklung =  $97,3/96,2 = 101,1 \%$ Billetermaß =  $-0,52/-0,60 = 86,7 \%$ 

| Einwohnerent-<br>wicklung → | >103%  | 97,1 - 103% | ≤97%   |
|-----------------------------|--------|-------------|--------|
| Billetermaß ↓               |        |             |        |
| ≤96%                        | klein  | klein       | mittel |
| 96,1 - 105%                 | mittel | mittel      | groß   |
| >105%                       | mittel | groß        | groß   |

→ 10,0 Euro/m<sup>2</sup>*Flächenansatz Kompensationsflächen* $F_{\text{Komp.}} = 140\,000 \text{ Euro} / (4,8 + 5,0) \text{ Euro/m}^2 = 14\,286 \text{ m}^2$ *Flächenansatz Verzichtsf Flächen* $F_{\text{Verz.}} = 70\,000 \text{ Euro} / (2,4 + 10,0) \text{ Euro/m}^2 = 5\,645 \text{ m}^2$ *Summe Flächeninanspruchnahmereduktion:* $30\,000 + 14\,286 + 5\,645 = 49\,931 \text{ m}^2 \approx 5,0 \text{ ha}$ 

### 3. Die Finanzierung über den Fonds „Flächenkonstanz Saar“

Zentrale Voraussetzung für die Umsetzung des Konzeptes „Flächenkonstanz Saar“ ist die Ausstattung des entsprechenden Fonds mit den erforderlichen Mitteln. Neben Zweckzuweisungen aus dem kommunalen Finanzausgleich, Landeszuschüssen, Beiträgen der Banken vor dem Hintergrund eines zu unterstellenden Eigeninteresses an der Verminderung von Wertverlusten durch städtebauliche Reaktivierung sowie Rückzahlungen vorfinanzierter Mittel bei Mobilisierung geförderter Immobilien ist insbesondere die vorgeschlagene, zweckgebundene Neufächeninanspruchnahme-Umlage das wichtigste Instrument zur Sicherung der Fondsmittel.

Die neu einzuführende Neufächeninanspruchnahme-Umlage wird gegenüber einer Neuausweisungsabgabe bevorzugt. Trotz der weitgehenden Parallelen hin-

sichtlich des Ansatzes und der Wirkungsweise wird davon ausgegangen, dass die kommunale Akzeptanz für eine Umlage höher ist, weil die stringente Zweckbindung und eine weniger anonyme Steuerung gegeben sind. Da sich gegenüber der gemäß Ressortprogramm Umwelt zulässigen Neuflächeninanspruchnahme in Höhe von 2 738 ha bis 2020 die aus dem Konzept „Flächenkonstanz Saar“ resultierende, zulässige Neuflächeninanspruchnahme um 1 258 ha auf insgesamt 1 480 ha verringert, um der Zielsetzung 0,0 ha/d in 2020 zu genügen, ergäbe sich bei einem mittleren Ansatz der Neuflächeninanspruchnahme-Umlage in Höhe von 5 Euro/m<sup>2</sup> (ca. zehn Prozent der Flächenproduktivität der Siedlungs- und Verkehrsfläche/SuV-Fläche) ein Aufkommen von rund 74 Mio. Euro, entsprechend ca. 5 Mio. Euro pro Jahr.

Die konkrete Bemessung der Neuflächeninanspruchnahme-Umlage, die, solange die Neuausweisung im Rahmen des gemeindespezifisch konkretisierten 1 480 ha-Ziels liegt, Beträge zwischen 0 und 10 Euro/m<sup>2</sup> ausmachen kann, orientiert sich an der strukturpolitischen Bedeutung der Baumaßnahme, die auf der neu in Anspruch genommenen Fläche realisiert werden wird. Die zu zahlende Umlage (U) berechnet sich als Produkt aus dem mittleren Ansatz (5 Euro/m<sup>2</sup>) und dem strukturpolitischen Relevanzfaktor (SRF) gemäß Tabelle 5 zu  $U = 5,0 \text{ Euro/m}^2 \cdot \text{SRF}$ .

**Tabelle 5:**

Raster zur Differenzierung der strukturpolitischen Relevanz mit Modifikationsfaktoren zur Ermittlung der Neuflächeninanspruchnahme-Umlage

Quelle: Eigene Darstellung.

| Struktur-pol.<br>Raum-bezug  | Maßnahme trägt zum Strukturwandel bei (entspricht Innovationsstrategie) | Maßnahme entspricht landesplanerischen Festlegungen | Maßnahme stärkt zentralörtliche Funktionen | Maßnahme genügt planerischen Vorgaben des Bundes | Strukturpolitischer Relevanzfaktor |     |
|--|---|---|--|--|------------------------------------|-----|
| überregional   |   |   |  |  | 3 – 4 Kriterien erfüllt            | 0   |
|  |   |   |  |  | 2 Kriterien erfüllt                | 0,2 |
|  |   |   |  |  | 1 Kriterium erfüllt                | 0,4 |
| regional   |   |   |  |  | 3 – 4 Kriterien erfüllt            | 0,6 |
|  |   |   |  |  | 2 Kriterien erfüllt                | 0,8 |
|  |   |   |  |  | 1 Kriterium erfüllt                | 1,0 |
| lokal  |   |   |  |  | 3 – 4 Kriterien erfüllt            | 1,2 |
|  |   |   |  |  | 2 Kriterien erfüllt                | 1,4 |
|  |   |   |  |  | 1 Kriterium erfüllt                | 1,6 |
| insgesamt kein Kriterium erfüllt   |   |   |  |  |                                    | 1,8 |
| Maßnahme widerspricht den Zielsetzungen des Förderkonzeptes Flächenkonstanz Saar |   |   |  |  |                                    | 2,0 |

Unter strukturpolitischer Relevanz wird hierbei der überregionale, regionale oder lokale Beitrag der geplanten, mit einer Neuausweisung von Fläche verbundenen Maßnahme zur weiteren Anpassung des Saarlandes an den Strukturwandel verstanden. Entspricht eine Neuflächeninanspruchnahme beispielsweise den Leitvorstellungen der Innovationsstrategie des Saarlandes und genügt zudem den landesplanerischen Festlegungen sowie der Stärkung zentralörtlicher Funktionen, wie es für die Maßnahmen des Masterplans Industrieflächen und ihre überregionale Bedeutung anzunehmen ist, so beträgt die Neuflächeninanspruchnahme-Umlage,

weil drei Kriterien mit Raumbezug „überregional“ erfüllt sind, 0 Euro/m<sup>2</sup>. Für andere Maßnahmen wird gemäß dem Strukturierungsansatz in Tabelle 5 differenziert, wobei sich der strukturpolitische Relevanzfaktor zur Modifikation des mittleren Umlagebetrages (5 Euro/m<sup>2</sup>) aus dem Raumbezug und der Anzahl der erfüllten strukturpolitischen Merkmale ergibt.

Sollten darüber hinaus von Kommunen weitere Flächen ausgewiesen werden (z.B. die Kontingente aus dem LEP-Siedlung), die nicht durch direkte Rückgabe einer Siedlungs- und Verkehrsfläche gleicher Größe im eigenen Gemeindegebiet oder durch interkommunalen Handel ausgeglichen werden können, würden weitere Mittel in den Fonds fließen, zumal bei Neuflächeninanspruchnahmen, die über die Zielvorgabe von 1 480 ha bis zum Jahr 2020 hinausgehen, eine um 100 Prozent erhöhte, ebenfalls strukturpolitisch gestufte Umlage vorgeschlagen wird, die somit bis zu 20 Euro/m<sup>2</sup> betragen kann.

#### 4. Ausblick

Obwohl die Begrenzung des „Flächenverbrauchs“ für Siedlungs- und Verkehrszwecke auf 30 ha pro Tag bis 2020 seit mehr als zwei Jahrzehnten umweltpolitisch gefordert wird, hat sich in den letzten Jahren der Zuwachs an SuV-Fläche nur leicht abgeschwächt und wird derzeit mit rund 113 ha/d dokumentiert. Die „Ampel“ steht auf „Rot“, vermeldet dementsprechend der Rat für Nachhaltige Entwicklung bezüglich des zentralen Indikators „Flächeninanspruchnahme“ in seiner aktuellen Berichterstattung (Ampelbericht 2008) zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Ebenso kritisch sieht das der Sachverständigenrat für Umweltfragen, der im Umweltgutachten 2008 beklagt, dass für die Verminderung der Flächeninanspruchnahme bisher keine wirksamen Lösungen gefunden wurden, „da die Ursachen, die in der mangelnden Konformität der Ziel- (Bund) und Umsetzungsebene (Kommunen) liegen – abgesehen vom Abbau einzelner Anreize –, nicht angegangen wurden“ (Umweltgutachten 2008, TZ 352). Demgegenüber ist der Ansatz „Flächenkonstanz Saar“ vielversprechend und wird in einigen Kommunen des Saarlandes bereits positiv diskutiert, denn das Förderkonzept „Flächenkonstanz Saar“ wirkt in zweifacher Weise. Durch die Vorfinanzierung des Eigenanteils der Kommunen werden Maßnahmen der Innenentwicklung sowie der Renaturierung im erweiterten Siedlungsbereich unterstützt. Da die Vorfinanzierung an die Bedingung geknüpft ist, in Äquivalenz zum Vorfinanzierungsumfang die Bebaubarkeit von Flächen (Kompensations- und/oder Verzichtflächen) bestandskräftig zurückzunehmen, resultiert aus der positiven Reaktivierung von Innenbereichsflächen gleichermaßen die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme am Siedlungsrand.

#### Quellen und Literatur

Neben den im Text dokumentierten Quellen wurde im Wesentlichen auf die nachfolgende Literatur zurückgegriffen:

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)/Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2006): Strategien der Landes- und Regionalplanung zur Bewältigung des demografischen Wandels. Endbericht.



- Ministerium für Umwelt des Saarlandes (MfU) (2007): Landschaftsprogramm Saarland, Entwurf Dezember 2007.*
- Ministerium für Umwelt des Saarlandes (MfU) (2007): Zwischenbericht der „Arbeitsgruppe Flächenverbrauch“ des Ministeriums für Umwelt des Saarlandes, Saarbrücken.*
- Ministerium für Umwelt des Saarlandes (MfU) (2006): Saarland Agenda EMAS-Evaluierung 8/2006.*
- Ministerium für Umwelt des Saarlandes (MfU) (2004): Landesentwicklungsplan, Teilabschnitt „Umwelt“, Saarbrücken, 13. Juli 2004 (Amtsblatt des Saarlandes vom 29. Juli 2004).*
- Ministerium für Umwelt des Saarlandes (MfU) (2004): Modellvorhaben zur Eindämmung des Landschaftsverbrauchs durch innerörtliche Entwicklung (MELANIE). Demografischer Wandel – Herausforderung und Chance für den ländlichen Raum. Ideen und Beispiele, Saarbrücken.*
- Ministerium für Umwelt des Saarlandes (MfU) (2001): Leitfaden Eingriffsbewertung, 3. überarbeitete Auflage, Nov. 2001.*
- Saarland – Der Chef der Staatskanzlei (2008): Demographiebericht der saarländischen Landesregierung. Den demographischen Wandel gestalten, Saarbrücken.*
- Saarland Bau und Boden Projektgesellschaft mbH (SBB)/Landesentwicklungsgesellschaft Saarland mbH (LEG Saar) (2007): Masterplan Industrieflächenvorsorge, Masterplan zur Entwicklung von großen, zusammenhängenden Industrieflächen im Saarland, Saarbrücken, Juni 2007.*
- Saarland (2006): Landesentwicklungsplan, Teilabschnitt „Siedlung“, Saarbrücken, 4. Juli 2006 (Amtsblatt des Saarlandes vom 14. Juli 2006).*
- Statistisches Bundesamt: Nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Indikatorenberichte 2006 und 2008.*

## Autor



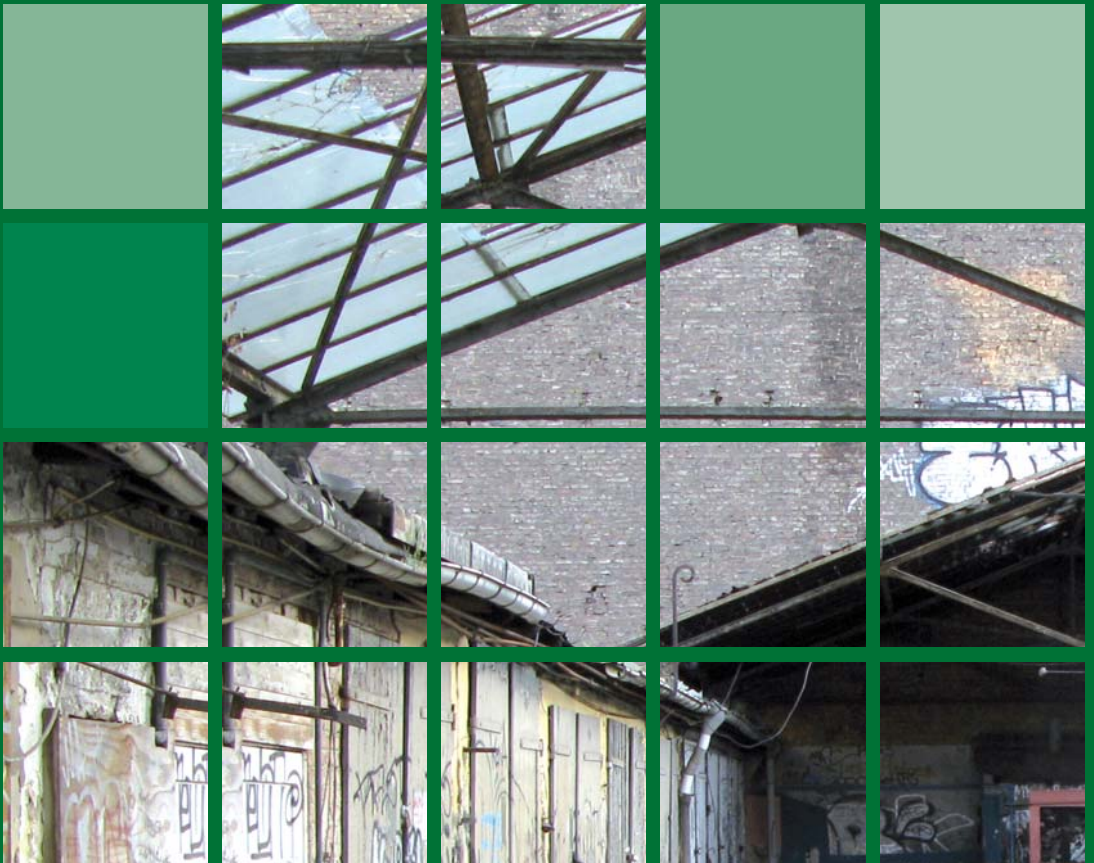
*Peter Doetsch, Univ.-Prof. Dr.-Ing., geb. 1948, Studium des Bauingenieurwesens mit Schwerpunkt Siedlungswasserwirtschaft und Stadtbauwesen an der RWTH Aachen, seit 1998 Universitätsprofessor für das Lehr- und Forschungsgebiet Abfallwirtschaft der RWTH Aachen;*  
E-Mail: [Peter.Doetsch@LFA.rwth-aachen.de](mailto:Peter.Doetsch@LFA.rwth-aachen.de)

# 4

## Integrierende, ganzheitliche Bewertungsmethoden

# 4.3

## Bewertung von Flächen in Gewerbeflächenpools





# Nutzwertanalytische Flächenbewertung zur Berechnung der Anteile an einem Gewerbeflächenpool

## Das Beispiel des REFINA-Projekts GEMRIK

Stefan Greiving

### REFINA-Forschungsvorhaben: GEMRIK – Nachhaltiges Gewerbeflächenmanagement im Rahmen interkommunaler Kooperation am Beispiel des Städteneetzes Balve-Hemer-Iserlohn-Menden

**Projektleitung:** Stadt Iserlohn, Büro für Stadtentwicklungsplanung

**Projektpartner:** Wissenschaftliche Kooperation: plan + risk consult; Büro grünplan

**Praxispartner:** Wirtschaftsinitiative Nordkreis e.V. (WIN); anerkannte Naturschutzverbände im Märkischen Kreis; Südwestfälische Industrie- und Handelskammer zu Hagen (SIHK); ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung; Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MVEL); Bezirksregierung Arnsberg (Bezirksplanungsbehörde); Kreishandwerkerschaft im Märkischen Kreis

**Modellraum:** Städtenez Balve-Hemer-Iserlohn-Menden

**Projektwebsite:** –

Der vorliegende Beitrag stellt ein integriertes Konzept für ein interkommunal abgestimmtes Gewerbeflächenmanagement vor, bestehend aus einem Kataster aller gewerblich genutzter Flächen und einer nutzwertanalytischen Bewertung dieser Flächen, die als Grundlage für die Bildung eines Gewerbeflächenpools dient, über den die Flächen künftig gemeinsam vermarktet werden sollen. Das Konzept wurde diskursiv unter Beteiligung aller maßgeblichen Akteure im Raum des Städteneetzes Balve-Hemer-Iserlohn-Menden erarbeitet.

## 1. Projektrahmen

Bei dem Projektansatz „GEMRIK“<sup>1</sup> handelt es sich um eine Trias, bestehend aus einem Gewerbeflächenkataster, einer interkommunal abgestimmten Gewerbeflächenpotenzialanalyse sowie dem Gewerbeflächenpool. Nach Auffassung der Projektbeteiligten ist nur ein solcher integrierter Ansatz, also die Kombination der drei vorgestellten Konzeptbausteine, geeignet, den „Spagat“ aus Flächensparen und der Bereitstellung hochwertiger Flächen für die gewerbliche Wirtschaft zu

<sup>1</sup> GEMRIK = Akronym für das BMBF-REFINA-Projekt „Nachhaltiges Gewerbeflächenmanagement im Rahmen interkommunaler Kooperation“. Verbundpartner waren die Stadt Iserlohn für das Städtenez sowie die Büros plan + risk consult (Prof. Dr. Greiving) und grünplan (Dr. Neumeyer).

bewältigen. Verfolgt wurde ein diskursorientierter Ansatz. Neben den kooperierenden Kommunen des Städteneetzes waren noch weitere Projektpartner in den Prozess involviert: Vertreterinnen und Vertreter von Märkischem Kreis, Bezirksregierung Arnsberg (Regionalplanung), Industrie- und Handelskammer zu Hagen, des zuständigen Landesministeriums (Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie NRW), der Naturschutzverbände (Märkischer Kreis) und des ILS – Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung.

## 2. Ausgangspunkt, Problembeschreibung und Erwartung an den Bewertungsansatz

Im Bereich der gewerblich-industriellen Flächen tritt vielfach ein „Baulandparadoxon“ auf (vgl. Davy 1996: 203). Damit wird die scheinbar paradoxe Situation beschrieben, dass die Mehrzahl der Gemeinden rein rechnerisch ihren Baulandbedarf an Wohn- und besonders an Gewerbeflächen auf bestehenden Reserveflächen im Innenbereich decken könnte, jedoch weiterhin ein Trend zur Ausweisung neuer Gewerbegebiete „auf der grünen Wiese“ besteht. Örtlich auftretende Baulandknappheit beruht daher weniger auf in der Summe fehlenden Bauflächen als vielmehr auf der mangelnden Verfügbarkeit von Bauflächen an der Stelle und in der Qualität, an bzw. in der diese tatsächlich nachgefragt werden (vgl. Einig u.a. 2001: 71). Mielke und andere (2001: 4) konstatieren genau dies für NRW: „Die Flächen sind allerdings vielfach nicht verfügbar und/oder entsprechen nur teilweise den Standortanforderungen der Betriebe. Insofern kann es gleichzeitig einen Überschuss und einen Mangel an Gewerbeflächen geben: Einen Überschuss an planerisch festgestellten, aber wenig geeigneten oder nicht mobilisierbaren Flächen und einen Mangel an bedarfsgerechten Flächen.“

Diese Situation ist vor dem Hintergrund der politischen Forderung nach einer deutlichen Reduzierung der Flächeninanspruchnahme zu sehen. Der Nachhaltigkeitsrat hat dazu konkrete Zahlen genannt („30 ha-Strategie“, Rat für Nachhaltige Entwicklung 2004). Diesbezüglich ist am 9. Mai 2006 die „Allianz für die Fläche in Nordrhein-Westfalen“ ins Leben gerufen worden. In dem Grundsatzpapier „Chancen erhalten – Freiraum bewahren“ wird vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz explizit auf eine „engagierte interkommunale und regionale Zusammenarbeit“ sowie einen „kontinuierlichen Dialog zwischen dem Land, den Kommunen und Regionen“ abgestellt (MUNLV 2006).

Zur Lösung des „Baulandparadoxons“ sind neue Ansätze gefordert, deren Fokus nicht allein auf kommunaler Ebene liegen kann. Vielmehr ist die Flächenbereitstellung auf interkommunaler Ebene zu koordinieren. Eine solche Koordination ist durch zwei unterschiedliche Modelle zu erreichen:

1. Eine Möglichkeit besteht darin, das Angebot an Gewerbeflächen so zu steuern, dass eine Flächenausweisung dort möglich ist, wo es für die wirtschaftliche Entwicklung einer Region sinnvoll ist. Es werden dafür Flächenausweisungsrechte gepoolt, d.h., die regionalplanerische Steuerung erfolgt über die Zuteilung von Flächenmengen, über deren Allokation die Gemeinden in den Grenzen bestehender Restriktionen (fachgesetzliche bzw. regionalplanerische Unterschutzstellungen bzw. Vorranggebiete) frei verfügen können (vgl. Greiving/Höweler 2008: 305).



2. Die andere Option besteht aus einer Poolung der dinglichen Verfügungsrechte (= Eigentumsrechte) an Gewerbeflächen, d.h. einer gemeinsamen Vermarktung bereits baureifer Flächen bzw. brachgefallener, gewerblich nutzbarer Flächen als Voraussetzung für eine koordinierte Steuerung der Flächenentwicklung.

Im Unterschied zu anderen Modellen, wie handelbaren Flächenzertifikaten oder virtuellen Gewerbeflächenpools, umfasst ein regionaler Gewerbeflächenpool nicht allein die Flächenausweisungsrechte. Der Fokus liegt hierbei auf den dinglichen Verfügungsrechten, also reellen Flächen, die zwar räumlich nicht zusammengefasst sind, aber dennoch gemeinsam verwaltet und vermarktet werden. Damit ist es mit diesem Instrument auch möglich, Brachflächen gezielt mit aufzunehmen. Die Idee der Zusammenlegung von Gewerbeflächen umfasst dabei auch die Einbringung von regionalplanerischen Verfügungsrechten, die bei der Anteilsbildung des Pools berücksichtigt werden, womit diese Kommunen, die zwar über Flächenausweisungsrechte, nicht aber über geeignete Flächen verfügen, an Ausschüttungen partizipieren und von diesen profitieren können (vgl. Greiving u.a. 2004: 371).

Die Einführung eines regionalen Gewerbeflächenpools ist innerhalb des bestehenden rechtlichen Rahmens möglich, so dass keine Änderungen von Bundes- oder Landesrecht vorzunehmen sind. Es gilt lediglich auf privatrechtlicher Ebene (GmbH) oder über das jeweilige Landesgesetz zur kommunalen Gemeinschaftsarbeit (z.B. einen Zweckverband) einen Träger der Eigentumsrechte an den Poolflächen zu bestimmen.

Erfahrungen mit regionalen Gewerbeflächenpools wurden bereits in Baden-Württemberg gesammelt, wo der Regionalverband Neckar-Alb dieses Instrument seit 1995 im Zuge des Regionalplans Neckar-Alb zum Abbau interkommunaler Konkurrenz vorsieht. Weiterhin soll es Gemeinden in schwieriger topographischer Lage ermöglicht werden, vom Erfolg des Gewerbeflächenpools zu profitieren, indem sie anstatt eigener Flächen eine finanzielle Einlage in den Pool einbringen. Nachdem der Rahmen für einen regionalen Gewerbeflächenpool gesteckt wurde, soll ein Zweckverband zur Umsetzung des Vorhabens gegründet werden (vgl. Gust 2004).

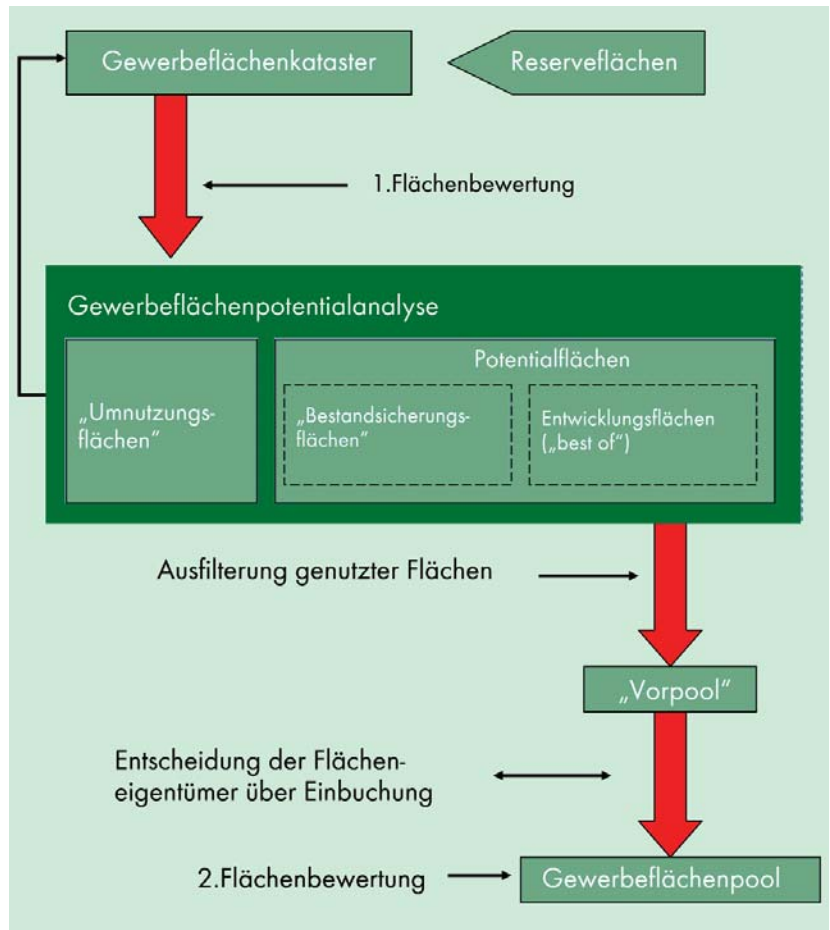
### 3. Bewertungskonzept im Rahmen des Gesamtprojekts

Im vorliegenden Beispiel stellt der Gewerbeflächenpool des Modelltyps 2 einen Baustein eines dreiteiligen Gesamtkonzeptes dar, welches durch die Komponenten eines Gewerbeflächenkatasters sowie einer interkommunal abgestimmten Gewerbeflächenpotenzialanalyse komplettiert wird. Diese Trias wird an Abbildung 1 verdeutlicht:

Die Ausgangslage war durch eine unvollständige Informationsbasis für die räumliche Verteilung tatsächlich gewerblich genutzter Flächen sowie eine mangelnde interkommunale Abstimmung bei der Vermarktung gekennzeichnet. Zielgruppe des Bewertungskonzepts waren insofern die kommunalen Akteure.

**Abbildung 1:**

Elemente des Gewerbeflächenmanagements



Quelle: Greiving und andere (2009), S. 13.

### 3.1 Gewerbeflächenkataster

Das Gewerbeflächenkataster beinhaltet auf der Maßstabsebene von Grundstücken die gewerblich-industriell genutzten Flächen der Kommunen. Das Gewerbeflächenkataster umfasst die Eigenschaften eines Standortinformations- und Monitoringsystems sowie jene eines Brachflächen- und Baulückenkatasters. Es dient einem doppelten Zweck: (1) als Vermarktungstool für den späteren Gewerbeflächenpool und (2) als Informationsdatensammlung für die angestrebten Flächenbewertungen.

Für letzteren Zweck werden aus dem Kriterienkatalog des Gewerbeflächenkatasters, der auch identitätsbezogene Informationen wie Flur und Flurstücksnummer enthält, solche Kriterien ausgewählt, die als Indikatoren die Zieldimensionen in der Flächenbewertung abbilden: Dies sind Marktgängigkeitskriterien wie Flächengröße, Erweiterbarkeit und Altlastenverdacht, andererseits auch Restriktionen durch ökologische Belange wie etwa die Lage in Wasserschutzgebieten oder die Beeinträchtigung von geschützten Teilen von Natur und Landschaft. Zudem wird auch auf den planungsrechtlichen Ist-Zustand einer Fläche abgestellt. Folglich handelt es sich bei den Bewertungskriterien um eine Teilmenge der Gesamtheit von „allge-



meinen“ Kriterien des Katasters (vgl. Tabelle 1), das folgende Flächentypen bzw. in der Summe 8 439 Einzelgrundstücke enthält, die eine Gesamtfläche von 1 827 ha ausmachen, die sich auf 164 Standorte verteilen (vgl. Abbildung 2):

| Im Bestand:  |  |
|--|--|
| Alle Bestandsflächen:<br>■ Gewerbegebiete (GE)<br>■ Industriegebiete (GI)<br>■ Sondergebiete (SO)<br>■ gewerblich-industrielle Nutzung in §§ 34/35-Gebieten  | Darüber hinaus selektiv:<br>■ Mischgebiete (MI)<br>■ Kerngebiete (MK)<br>■ Wohngebiete (WA)<br>a) nach großflächigem Einzelhandel<br>(> 700 m <sup>2</sup> Verkaufsfläche)<br>b) nach gewerblichen Betrieben mit einer Flächengröße > 2 500 m <sup>2</sup> |
| An Flächenreserven:  |  |
| ■ Flächenreserven des Regionalplans (GEP) und in Flächennutzungsplänen (FNP)<br>■ Flächenreserven in Bebauungsplänen (B-Plänen)<br>■ Brachflächen in B-Plänen und in §§ 34/35-Bereichen<br>■ Betriebliche Reserveflächen |  |

**Tabelle 1:**

Erhebungsübersicht der Flächen des Gewerbekatasters

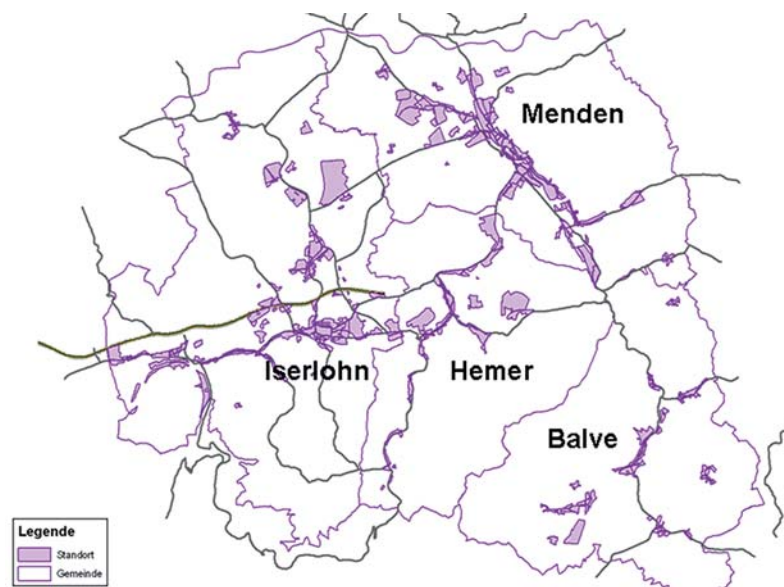
Quelle: Greiving und andere (2009), S. 26.

Die in Frage kommenden Flächen werden in drei Schritten erhoben. Zuerst erfolgt eine Groberfassung der Gebiete auf der Flächennutzungsplan-Ebene, gefolgt von einer Betrachtung der planungs- und baurechtlichen Situation anhand der Bebauungspläne. Letztlich werden die Flächen auf Flurstücksebene, anhand eines mit allen Akteuren abgestimmten Kriterienkataloges, detailliert untersucht. Im Ergebnis wird den Grundstücken je Kriterium ein jeweiliges Attribut zugeordnet, so dass anschließend ein umfassender qualitativer und quantitativer Überblick über das Gewerbeflächenangebot der Region vorliegt.

Für alle in dem Kataster enthaltenen gewerblich genutzten Flächen, deren standörtliche Lage Abbildung 2 veranschaulicht, wurde im zweiten Schritt eine Potenzialanalyse durchgeführt.

**Abbildung 2:**

Gewerblich genutzte Standorte im Städtetz



Quelle: Greiving und andere (2009), S. 30.

### 3.2 Gewerbeflächenpotenzialanalyse

Die Gewerbeflächenpotenzialanalyse bedient sich der Datengrundlage des Gewerbeflächenkatasters. Im Rahmen einer ersten Flächenbewertung wurden diejenigen Kriterien bedient, die für alle Flächen automatisiert erhoben werden können (vgl. Abbildung 3), während die in Abbildung 3 grau hinterlegten Kriterien lediglich für die Poolflächen manuell erhoben wurden.

Dabei kam die Methode der Nutzwertanalyse der ersten Generation<sup>2</sup> zum Einsatz, um die Gewerbeflächen nach ihren wirtschaftlichen und entwicklungsstrategischen sowie rechtlichen und ökologischen Kriterien bewerten zu können. Für die Diskussion von Bewertungsmethoden und ihren Vor- und Nachteilen wird auf Scholles (2005: 97) verwiesen.

Die Wahl dieser Methode wurde ebenso wie der Kriterienkatalog, dessen Elemente im Gewerbeflächenkataster als Attribute enthalten sind, zwischen allen Projektbeteiligten abgestimmt. Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung der Nutzwertanalyse ist die Ermittlung und Aggregation der Interessen bzw. der „Nutzen“, die die involvierten Akteure den einzelnen Kriterien beimessen. Aufgrund der bekannten Schwächen der Nutzwertanalyse im Hinblick auf Inter-subjektivität und der Trennung von Sach- und Wertebene wurde die Gewichtung folgender Bewertungskriterien in einer drei Runden umfassenden Breitband-Delphi-Befragung<sup>3</sup> vorgenommen, an der alle Akteursgruppen, d.h. Kommunen, Wirtschaftsförderungen, Naturschützer, Industrie- und Handelskammer, aber auch die wissenschaftlichen Projektpartner, beteiligt waren. Im Ergebnis wurde ein Konsens hinsichtlich der Gewichtung aller Kriterien und ihrer Messregeln (Zielfunktionen) erzielt, so dass diese Wertebene klar von der Sachebene, d.h. der Messung der Zielerreichung einzelner Flächen, getrennt werden konnte. Dieses diskursive Vorgehen ist Teil der vom Projekt verfolgten umsetzungsorientierten Strategie, die auf eine Wirkung auf die kommunale Planungspraxis im Städtenetz abzielt.

Das Gewerbeflächenkataster beinhaltet sämtliche gemessenen Werte, die laut dem in Abbildung 3 dargestellten Kriterienkatalog erhoben werden sollten. Je nach Beschaffenheit der gesammelten Daten lassen sich nun „Zielfunktionen“ bilden, so würde sich beispielsweise für das Kriterium „Schutzgut Mensch“ eine Zielfunktion zwischen dem höchsten und geringsten Wert anbieten, die sich aus dem Abstands-erlass ableitet. Die andere Komponente stellen die durch die Delphi-Runden ermittelten Nutzenfunktionen der Akteure dar, die ausdrücken, welche Bedeutung die Kriterien hinsichtlich einer Eignung zum nachhaltigen Gewerbestandort aufweisen. Durch die Zusammenführung der beiden Funktionen wird der Nutzwert einer Fläche ermittelt, wie das in Abbildung 4 dargestellte Beispiel verdeutlicht.



- 2 Zangemeister (1976) definiert die Nutzwertanalyse (NWA) der ersten Generation als eine „Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung der Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen.“
- 3 Bei einer Breitband-Delphi-Befragung wird einer Gruppe von Experten ein Fragenkatalog des betreffenden Fachgebiets vorgelegt. Die Experten haben in zwei oder mehreren so genannten Runden die Möglichkeit, die Thesen einzuschätzen, und dürfen sich untereinander abstimmen. Ab der zweiten Runde wird Feedback gegeben, wie andere Experten geantwortet haben. Im Ergebnis nähern sich die Voten in der Regel einander an (vgl. Häder 2002).





|   |           |   |           |  |          |
|---|-----------|---|-----------|--|----------|
| Wirtschaftliche u. entwicklungsstrategische Kriterien | 49        | Baurechtliche Kriterien                         | 23        | Umweltkriterien                                | 28       |
| <b>Marktgängigkeit</b>                                | <b>23</b> | <b>Art der baulichen Nutzung</b>                | <b>10</b> | <b>Optimierungsgebot nach BauGB</b>            | <b>7</b> |
| Flächengröße  | 0,32      | Zulässigkeit gewerblich/industrieller Nutzungen | 1         | Innen- vor Außenentwicklung                    | 0,77     |
| Grundstückszuschnitt                                  | 0,18      |   |           | Arbeitsplatzdichte                             | 0,23     |
| Erweiterbarkeit der Fläche                            | 0,21      | <b>Maß der baulichen Nutzung</b>                | <b>7</b>  | <b>Konflikt Schutzgut Mensch</b>               | <b>7</b> |
| Bodenrichtwert  | 0,12      | Nutzung GRZ, BMZ,                               | 0,51      | Lage im Bereich eines Landschaftsschutzgebiets | 0,22     |
| Ausgleichsauflagen                                    | 0,17      | Überbaubare Grundstücksfläche                   | 0,49      | Distanz zur Wohnbebauung                       | 0,78     |
| <b>Physische Einschränkungen der Nutzbarkeit</b>      | <b>13</b> | <b>Erschließung</b>                             | <b>7</b>  | <b>Konflikt Schutzgut Wasser</b>               | <b>5</b> |
| Altlastenverdacht                                     | 0,66      | Gesicherte Erschließung                         | 1         | Lage im Bereich eines Wasserschutzgebietes     | 0,39     |
| Baugrundneigung                                       | 0,34      |   |           | Lage im Bereich eines Überschwemmungsgebietes  | 0,61     |
| <b>Infrastrukturanbindung</b>                         | <b>13</b> |   |           | <b>Konflikt Schutzgut Boden</b>                | <b>4</b> |
| Entfernung Autobahn                                   | 0,45      |   |           | Inanspruchnahme von Böden                      | 0,58     |
| Entfernung Bundes-/Landesstraße                       | 0,38      |   |           | Lage im Bereich schutzw. Böden                 | 0,42     |
| Telekommunikationsanschluss                           | 0,17      |   |           | <b>Konflikt Schutzgüter Flora-Fauna</b>        | <b>4</b> |
|   |           |   |           | Lage im Bereich eines schutzwürdigen Biotops   | 0,18     |
|   |           |   |           | Lage im Bereich einer Biotopverbund-Fläche     | 0,18     |
|   |           |   |           | Lage im Bereich eines Schutzgebietes (LB, ND)  | 0,22     |
|   |           |   |           | Lage im Bereich eines § 62-Biotops             | 0,21     |
|   |           |   |           | Lage im Radius einer Natura2000-Fläche         | 0,21     |

**Abbildung 3:**  
Bewertungskriterien

Quelle: Greiving und andere (2009), S. 35.

| Kriterium                                       | Zielfunktion |      | Zielertrag (Beispiele) | Zielerfüllungsgrad | Gewichtung I | Gewichtung II | Nutzwert |
|---|--------------|------|------------------------|--------------------|--------------|---------------|----------|
| Lage im Bereich eines LSG                       | ja           | 0    | nein                   | 1                  | 7            | 0,22          | 1,54     |
|   | nein         | 1    |                        |                    |              |               |          |
| Distanz zur Wohnbebauung                        | <100m        | 0    |                        |                    |              |               |          |
|   | 100-200m     | 0,15 |                        |                    |              |               |          |
|   | 200-300m     | 0,3  |                        |                    |              |               |          |
|   | 300-500m     | 0,45 |                        |                    |              |               |          |
|   | 500-700m     | 0,55 |                        |                    |              |               |          |
|   | 700-1000m    | 0,7  |                        |                    |              |               |          |
|   | 1000-1500m   | 0,85 |                        |                    |              |               |          |
|   | >1500m       | 1    | 127m                   | 0,15               | 7            | 0,78          | 0,82     |
| <b>Konflikt Schutzgut Mensch</b>                |              |      |                        |                    |              |               |          |
| Lage im Bereich eines Landschaftsschutzgebietes | 0,22         |      |                        |                    |              |               |          |
| Distanz zur Wohnbebauung                        | 0,78         |      |                        |                    |              |               |          |

**Abbildung 4:**  
Beispiel einer Zielfunktion für das Kriterium „Schutzgut Mensch“

Quelle: Greiving und andere (2009), S. 41.

**Beispielrechnung:**

Ein Grundstück weist eine Entfernung von 127 Metern zur nächsten Wohnbebauung auf. Nach der obigen Zielfunktion hat es damit einen Zielerfüllungsgrad von 0,15. Der Nutzwert ist dann:  $0,15 \times 7 \times 0,78 = 0,82$ .

Über die Summierung der einzelnen Nutzwerte wird dann ein Gesamtnutzwert für jede Zieldimension und letztendlich über alle drei Zieldimensionen errechnet. Durch dieses Vorgehen gelingt es, die (hinsichtlich der Projektziele) optimalen Gewerbestandorte in der Region zu finden und die Flächen untereinander einem „Ranking“ zu unterziehen. Trotzdem steht man dem Ziel des Flächensparens nicht im Wege, da die Kommunen nicht gezwungen sind, aufgrund von interkommunalen Konkurrenzsituationen Gewerbeflächen weit über dem aktuellen Bedarf, eventuell noch an ökologisch brisanten Bereichen auszuweisen, wie es ohne Gewerbeflächenpool eventuell geschähe – aus der Angst heraus, zukünftige Entwicklungspotenziale zu verspielen. Vielmehr erfolgen die Ausweisung auf Grundlage eines abgestimmten Entwicklungskonzepts und die gemeinsame Vermarktung im Rahmen eines Gewerbeflächenpools.

### 3.3 Gewerbeflächenpool

In den Gewerbeflächenpool werden zunächst entwicklungsfähige Flächen aufgenommen, da sich dieser langfristig durch die erzielten Verkaufserlöse selbstständig („revolvierend“) refinanzieren soll. Dann können mittelfristig die Gewinne aus den Erlösen und Steuereinnahmen auch für die Entwicklung von geeigneten Brachflächen genutzt werden.

Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass sich alle Flächen in gleicher Weise eignen bzw. alle Kommunen im gleichen Maße Fläche in den Pool transferieren, muss eine Methode gefunden werden, um die Flächen in monetäre Geldeinheiten umzurechnen. Für die Remonetarisierung wird der individuelle Nutzwert mit dem Verkehrswert der betreffenden Fläche multipliziert. Der Anteil, den der auf diese Weise errechnete Wert am auf gleiche Weise errechneten Gesamtwert des Pools besitzt, drückt den prozentualen Wert am Gewerbeflächenpool aus. Bildet man den prozentualen Anteil der Fläche am Gesamtverkehrswert des Pools, erhält man den remonetarisierten Wert jeder Fläche. Diese Methodik wurde anhand eines Planspiels mit 40 von den Kommunen für die Einbuchung in den Pool benannten Flächen getestet. Das Ergebnis veranschaulicht die folgende Tabelle am Beispiel von vier Flächen:

**Tabelle 2:**

Methodik der Remonetarisierung

| Standort                                   | Fläche in m <sup>2</sup> | Bodenrichtwert | Verkehrswert | Nutzwert | Poolanteile in % nach Bodenrichtwert |
|--|--------------------------|----------------|--------------|----------|--------------------------------------|
| Hemer – Gewerbegebiet Eisenbahnschleife    | 8 045,72                 | 44             | 354 011,64   | 84,75    | 1,14                                 |
| Iserlohn – Gewerbegebiet Hoesch            | 17 010,66                | 23             | 391 245,26   | 77,96    | 1,26                                 |
| Iserlohn – Karnacksweg / Arnsberger Straße | 1 543,99                 | 70             | 108 079,05   | 64,65    | 0,35                                 |
| Menden – Riekenbrauck                      | 269 340,27               | 25             | 6 733 506,87 | 69,37    | 21,62                                |
| Durchschnitt Gewerbeflächenpool            | 21 263,65                | 44,73          | 778 575,54   | 77,70    | 2,5                                  |

Quelle: Greiving und andere (2009), S. 58.



Das Ergebnis wird dazu verwandt, einen akzeptablen, weil fairen Verteilungsschlüssel zu bilden, um die anfallenden Kosten und Erlöse des Flächenpools unter den Kommunen aufzuteilen. Die Einnahmen aus den Verkaufserlösen der Flächen können entweder in die kommunalen Haushalte gemäß der Anteile einfließen, die die einzelnen Kommunen am Pool besitzen, oder aber für die Inwertsetzung von Altstandorten genutzt werden, also im System verbleiben, das auf diese Weise revolviert.

## 4. Schlussfolgerung und Übertragbarkeit

Das REFINA-Projekt GEMRIK wurde mit Ende Januar 2009 beendet. Bestand hat das umfängliche Gewerbeflächenkataster für die vier beteiligten Städte als wesentliche Informationsbasis für das Entwicklungskonzept und den späteren Pool. Dieses Kataster stellt bereits einen Wert an sich dar, da bisher nur bedingt Informationen über die räumliche Verteilung und Art, Zustand etc. gewerblich-industrieller Nutzungen in den Städten vorlagen, die zudem nicht in einer gemeinsamen Datenbank gepflegt wurden. Außerdem wurden mit der dargestellten Methodik der Flächenbewertung bereits wesentliche Grundlagen für die weitere Arbeit gelegt. Bemerkenswert ist vor allem die Tatsache, dass zwischen den Kommunen eine Übereinstimmung in der Wertung der in Abbildung 3 dargestellten Kriterien und damit eine wesentliche Voraussetzung für die Bewertung von Poolflächen geschaffen werden konnten. Die entscheidenden Weichenstellungen über die Implementierung des konzipierten Gewerbeflächenpoolmodells obliegen der politischen Ebene. Als geeignete organisatorische und instrumentelle Rahmenbedingungen dafür wurde von allen Beteiligten die Gründung einer GmbH angesehen. Im Prinzip ist die gewählte Vorgehensweise auf andere Kooperationsräume übertragbar, wobei die Gewichtung der einzelnen Kriterien und Messgrößen aufgrund anderer räumlicher Gegebenheiten sowie planungspolitischer Präferenzen naturgemäß eine andere sein kann.

## Literatur

- Davy, Benjamin (1996): Baulandsicherung: Ursache oder Lösung eines raumordnungspolitischen Paradoxons, in: Zeitschrift für Verwaltung (ZfV), 21. Jg., S. 193–208.
- Einig, Klaus, Bernhard Müller und Diana Zinke (2001): Regionales Flächenmanagement in Deutschland – Konzept und exemplarische Fallbeispiele, in: Umsetzung der Bodenschutzgesetze und Flächenressourcen-Management. 2. Marktreidwitzer Bodenschutztag, Marktreidwitz, S. 71–78.
- Greiving, Stefan, Florian Flex, Hans-Peter Neumeyer und Markus Ließen (2009): Nachhaltige Gewerbeflächenentwicklung in interkommunaler Kooperation am Beispiel des Städteneetzes Balve – Hemer – Iserlohn – Menden, Essen.
- Greiving, Stefan, und Michael Höweler (2008): Der virtuelle Gewerbeflächenpool als Modell einer regionalplanerischen Mengensteuerung der Siedlungsflächenentwicklung, in: Raumforschung und Raumordnung (RuR), H. 4, S. 305–317.
- Greiving, Stefan, Hans-Peter Neumeyer und Christina Sondermann (2004): Ein revolvierendes Gewerbeflächensystem in interkommunaler Zusammenarbeit

- als Weg zu einem häuslicheren Umgang mit gewerblich-industriellen Flächenressourcen, in: Raumforschung und Raumordnung (RuR), H. 4–5, S. 371–378.
- Gust, Dieter (2004): Der regionale Gewerbeflächenpool Neckar-Alb. Ein neuer Ansatz zur interkommunalen Zusammenarbeit, Mössingen.
- Häder, Michael (Hrsg.) (2002): Delphi-Befragungen. Ein Arbeitsbuch, Wiesbaden.
- Mielke, Bernd, Kay Büchsenschütz und Stefan Preuß (2001): Neue Entwicklungen beim Gewerbeflächenbedarf, Dortmund.
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2006): Chancen erhalten – Freiraum bewahren, Düsseldorf.
- Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004): Mehr Wert für die Fläche. Das „Ziel-30-ha“ für die Nachhaltigkeit in Stadt und Land, Berlin (texte, Nr. 11).
- Scholles, Frank (2005): Bewertungs- und Entscheidungsmethoden, in: ARL (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung, Hannover, S. 97–105.
- Zangemeister, Christof (1976): Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projekialternativen, 4. Aufl., München.

### Autor



Stefan Greiving, Prof. Dr.-Ing., geb. 1968, Studium der Raumplanung an der TU Dortmund, Leiter des Bereichs Forschung am Institut für Raumplanung, TU Dortmund, sowie Inhaber des Planungsbüros plan + risk consult, Dortmund;  
E-Mail: greiving@plan-risk-consult.de



# Integrierte und konsensorientierte Flächenbewertung für eine nachhaltige Regionalentwicklung

Bernd Murschel, Alfred Ruther-Mehlis, Jörg Schneider und Michael Weber

## REFINA-Forschungsvorhaben: Regionaler Gewerbeflächenpool Neckar-Alb – REGENA

**Verbundkoordination:** Institut für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen

**Projektpartner:** DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH; Anwaltskanzlei Eisenmann, Wahle und Birk (im Unterauftrag); Regionalverband Neckar-Alb

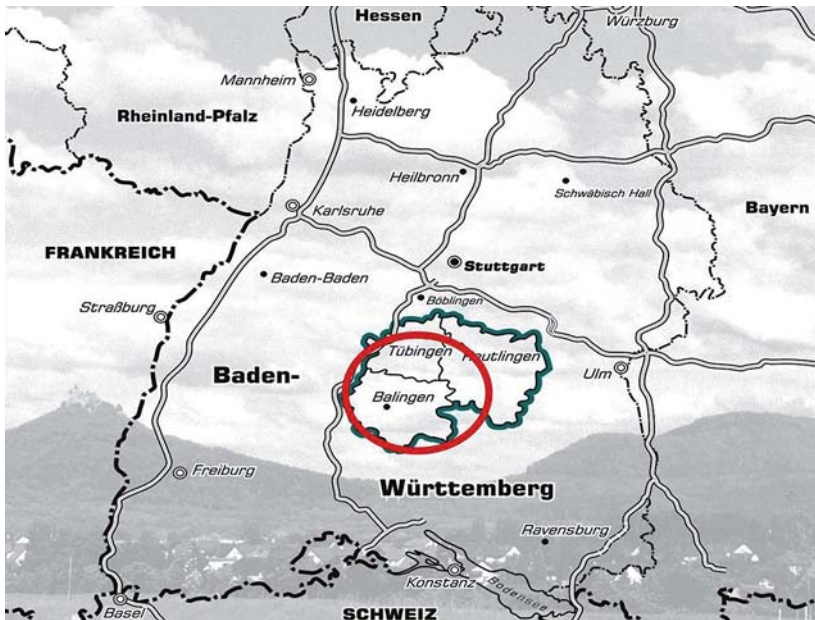
**Modellraum:** Gemeinden Balingen, Bitz, Bodelshausen, Geislingen, Grosselfingen, Haigerloch, Hechingen, Rangendingen, Schömberg

**Projektlaufzeit:** 01.03.2006 bis 31.08.2010

**Projektwebsite:** [www.hfwu.de/regena](http://www.hfwu.de/regena)

## 1. Einführung

Im Mittelpunkt des Projekts Regionaler Gewerbeflächenpool Neckar-Alb (REGENA) stehen die Vorbereitung und Einrichtung eines Gewerbeflächenpools in der Region Neckar-Alb (Baden-Württemberg). Acht Städte und Gemeinden haben sich darauf verständigt, dafür die Gründung eines Zweckverbandes vorzubereiten.



**Abbildung 1:**

Lage der teilnehmenden Gemeinden

Quelle: HFWU Nürtingen-Geislingen.



Die teilnehmenden Gemeinden bringen Gewerbeflächen der jeweils eigenen Gemarkung in einen gemeinsamen Pool ein. Nach einer monetären Bewertung der Poolflächen unter Berücksichtigung städtebaulicher, wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien wird der Anteil jeder einzelnen Gemeinde am Pool berechnet. Die entstehenden Erlöse und Kosten der Poolbewirtschaftung werden entsprechend des ermittelten Poolanteiles auf die beteiligten Gemeinden verteilt. Gemeinden können durch Geldeinlagen Anteile am Pool kaufen (vgl. Krumm 2008). Auch Gewerbesteuerereinnahmen werden entsprechend dem Poolanteil umgelegt.

#### Abbildung 2:

Bestens erschlossene Flächen  
„auf der grünen Wiese“



Quelle: HfWU Nürtingen-Geislingen.

Wissenschaftlich und kommunikativ unterstützt wird das Projekt durch das Institut für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt (HfWU) Nürtingen-Geislingen und die DIALOGIK gGmbH aus Stuttgart.

## 2. Regionaler Gewerbeflächenpool – Intelligentes Flächenmanagement mit Risikoausgleich

Die vorherrschende interkommunale Konkurrenz um Einwohner, Arbeitsplätze und Steuereinnahmen hat in der Folge vielfach zur Ausweisung und (Teil-)Erschließung von Bauflächen geführt. Diese Entwicklung ist weder aus ökonomischer Sicht noch angesichts der Notwendigkeit eines flächensparenden Umgangs mit der begrenzten Ressource Boden sinnvoll. „Bestens erschlossene Wiesen“ finden sich häufig in Kommunen am Rande der Ballungsräume, wo mit preisgünstigen Flächen geworben wird. Der Regionale Gewerbeflächenpool will diesen ruinösen Wettbewerb zwischen den Kommunen vermeiden und gleichzeitig eine nachhaltige ökologische, soziale und ökonomische Entwicklung gewährleisten. Der neue Ansatz einer interkommunalen Kooperation auf partnerschaftlicher Basis zwischen mehreren Kommunen in einem Wirtschaftsraum stellt eine Lösung in





einem überlokalen Zusammenhang her. Er ist eingebettet in die bestehenden rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen und Anreizsysteme. Es handelt sich um einen Ansatz kommunaler Selbstorganisation statt hoheitlicher Vorgaben.

Der Grundgedanke des Pools besteht darin, dass die beteiligten Gemeinden Flächen und/oder Geld einbringen und die Gewerbeflächen gemeinsam vermarkten und erschließen. Sowohl die notwendigen Aufwendungen als auch die Einnahmen aus der Gewerbesteuer werden anteilig umgelegt. Für die beteiligten Gemeinden führt dies zu einer Risikominderung, da sie unabhängig von individuellen Vermarktungs- und Ansiedlungserfolgen entsprechend der Poolanteile am Poolergebnis partizipieren.

Ein Flächenspareffekt durch Nichtvorhaltung und -erschließung von Gewerbeflächen kommt monetär unmittelbar den Kommunen und auch der Umwelt zugute. Der regionale Gewerbeflächenpool Neckar-Alb basiert auf einem konsensorientierten Gedanken. Dies bedeutet, dass allein die beteiligten Kommunen (Verwaltung und Gemeinderat) in einem konsensualen Verfahren am „Runden Tisch“ über das Organisations-, Bewertungs- und Verteilungsmodell entscheiden. Die transdisziplinäre Begleitforschung und Beratung moderiert, schlägt vor, dokumentiert Prozesse und hält Ergebnisse fest.

Als Organisationsform kann ein Zweckverband, eine Öffentlich-rechtliche Vereinbarung oder ein Öffentlich-rechtlicher Vertrag die geeignete Plattform sein. Eine Zweckverbandssatzung als Rechtsform mit der höchsten Bindungswirkung wurde mit juristischer Unterstützung im Rahmen des Projektes erarbeitet. Im Nachfolgenden soll auf den zweiten Baustein, die Bewertung der Gewerbeflächen, fokussiert werden.

## 2.1 Wie und warum werden die Flächen bewertet?

Der Wert der eingebrachten Grundstücke ist der Maßstab für die Verteilung der Poolanteile. Er stellt somit nicht den real zu erwirtschaftenden Betrag im Rahmen von Veräußerungen dar. Das Flächenbewertungsmodell muss die folgenden Anforderungen erfüllen: Es muss

- einfach,
  - transparent,
  - fair,
  - intersubjektiv,
  - entwicklungsfähig
- sein.

Die Bewertungsmethoden können qualitativ/verbal-argumentativ, quantitativ oder eine Kombination aus beidem sein. Auch eine spätere Umsetzung bzw. Operationalisierung bewegt sich im Spannungsfeld zwischen verschiedenen Forderungen:

- umfassend und komplex versus einfach und praktikabel anlegen,
- übersichtlich organisieren,
- „herunterbrechen“ auf handhabbare Einheiten.

Wesentlich ist die Verfügbarkeit der Informationen, um den Aufwand zu reduzieren. Daher werden öffentlich zugängliche Daten verwendet (vgl. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2007).

**Tabelle 1:**

Auszug aus dem Bewertungsmodell – Bewertungsbereiche, Bewertungsfaktoren und Indikatoren

|  |   |   |
|--|---|---|
| Bewertungsbereich 1<br>z.B. Ökonomie         | Bewertungsfaktor 1.1<br>z.B. Grundstückseigenschaften | Indikator 1.1.1<br>variable Grundstückszuschnitte |
|  |   | Indikator 1.1.2<br>Erweiterungsmöglichkeiten      |
|  | Bewertungsfaktor 1.2<br>z.B. Verkehrserschließung     | Indikator 1.2.1<br>Anbindung an Bus               |
|  |   | Indikator 1.2.2<br>Anbindung an Bahn              |
|  |   | Indikator 1.2.3<br>Anbindung an Flugzeug          |
| Bewertungsbereich 2<br>z.B. Mensch und Natur | Bewertungsfaktor 2.1<br>z.B. Klima und Luft           | Indikator 2.1.1<br>Kaltluftentstehung             |
|  |   | Indikator 2.1.2<br>Durchlüftung                   |
|  | Bewertungsfaktor 2.2<br>z.B. Grundwasser              | Indikator 2.2.1<br>Schutzstatus                   |

Quelle: HfWU Nürtingen-Geislingen.

Die beteiligten Gemeinden haben in enger Zusammenarbeit mit dem Forschungsteam in einem „Arbeitskreis Bewertungsmodell“ aus Vertreterinnen und Vertretern der Kommunen in zahlreichen Runden ein Modell entwickelt, welches ökonomische, städtebauliche und ökologische („Mensch und Natur“) Bereiche abdeckt (vgl. Tabelle 1). Der Runde Tisch hat entschieden, dass die drei Bewertungsbereiche mit jeweils dem gleichen Gewicht in den Bewertungsprozess eingehen. Ökologische Faktoren erhalten damit in dem Poolmodell die gleiche Bedeutung wie Ökonomie und Städtebau. Dies stellt gegenüber der allgemein zu beobachtenden planerischen Praxis einen deutlichen Fortschritt zugunsten von Umweltbelangen dar.

Alle drei Bewertungsbereiche werden operationalisiert über Bewertungsfaktoren und konkrete dazugehörige Indikatoren. Über ein mathematisches Modell wird die Abweichung vom „Normwert“ (Bodenrichtwert in der Gemeinde) sowohl nach oben als auch nach unten monetär abgeleitet. Im Ergebnis erhält man somit Beträge in Euro für die einzelnen Gewerbeflächen. Die Summe der Einzelbeträge aus den Gewerbeflächen bzw. die Geldeinlage ergibt den Poolanteil einer Kommune. Die Bilanzierung erfolgt jährlich zu einem Stichtag.

**Tabelle 2:**

Beispiel des Indikators „Anbindung an Bus“

|                                     |   |   |                       |
|-------------------------------------|---|---|-----------------------|
| Indikator 1.2.1<br>Anbindung an Bus | Entfernung zur nächsten Bushaltestelle (fußläufig in Minuten) | 0 | ≥ 15 Min.             |
|                                     |   | 1 | 10 < 15 Min.          |
|                                     |   | 2 | 5 < 10 Min.           |
|                                     |   | 3 | 2 < 5 Min.            |
|                                     |   | 4 | < 2 Min.              |
|                                     |   | 5 | eigene Bushaltestelle |

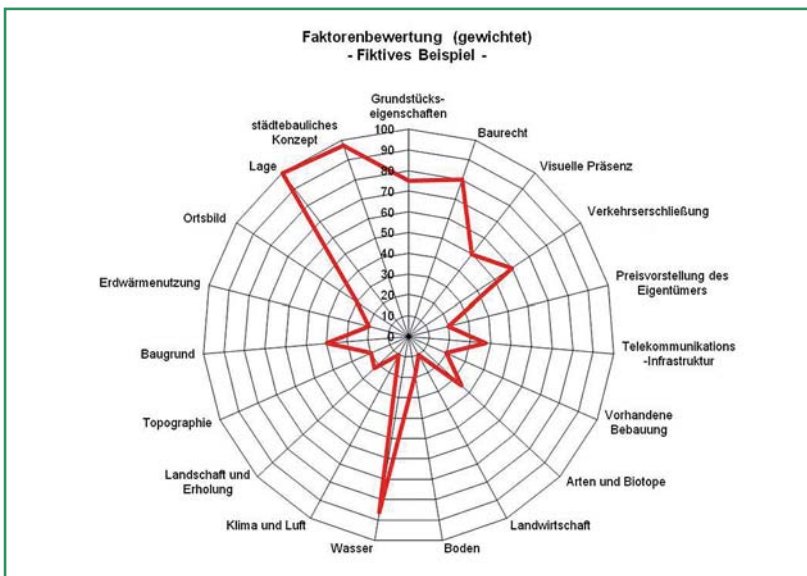
Quelle: HfWU Nürtingen-Geislingen.

Den einzelnen Bewertungsbereichen (Städtebau, Ökonomie, Mensch und Natur) ist jeweils ein Set von Bewertungsfaktoren zugeordnet, die die wesentlichen Aspekte bei der Flächenbewertung beschreiben. Für jeden Bewertungsfaktor kann es einen oder mehrere Indikatoren geben. Diese werden letztlich in einem Punktesystem (z.B. 0 bis 5 Punkte) gewertet.



Auch für die Arbeitsebene der Bewertungsfaktoren und der Indikatoren können Gewichtungen vorgenommen werden, um einzelnen Aspekten – innerhalb der Bewertungsbereiche – eine besondere Bedeutung im Bewertungsprozess zukommen zu lassen. Dieser Schritt erfolgte einmalig während der Modellentwicklung und wird zukünftig nun für alle weiteren Gewerbeflächen angewandt. Eine Anpassung an die Gegebenheiten anderer Raumschaften bleibt davon unberührt. In den Tabellen 1 und 2 ist ein Beispiel für die Bewertung ableitbar. Der Indikator „Anbindung an Bus“ gehört zum Bewertungsfaktor Verkehrserschließung im Bewertungsbereich Ökonomie. In einer fünfstufigen Skala wird die fußläufige Entfernung in Minuten abgebildet. Eine Gewerbefläche mit einer schlechten Busanbindung (mehr als 15 Minuten zu Fuß) erhält 0 Punkte, eine direkte Anbindung an eine eigene Bushaltestelle dagegen die maximale Punktzahl von 5 Punkten. Für den Bereich Mensch und Natur würde es sich beispielhaft so darstellen: Eine für die Landwirtschaft hochwertige Fläche (da gute Böden, Klima) erhält 0 Punkte, eine für die Landwirtschaft ungeeignete Fläche dagegen die maximale Punktzahl. Dadurch wirken ökologisch hochwertige Flächen punktemindernd und reduzieren letztlich den monetären Wert der Fläche für den Pool. Als Indikator wird die Flurbilanz genommen, die für alle Gemeinden derzeit digital erstellt wird. Die monetäre Abwertung besonders schutzwürdiger Böden fördert das Ziel einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme, da es für die Kommunen weniger Anreiz gibt, derartige Flächen in den Pool einzubringen.

Die Bewertung kann mit Hilfe eines Excel-Datenblattes in einfacher Form für alle Indikatoren durchgeführt werden und bedarf keiner zusätzlichen Erhebungen. Für jedes Gewerbegebiet kann somit ein „Footprint“ erstellt werden, woraus sich das jeweilige Eigenschaftsprofil einfach ablesen lässt. In Abbildung 3 ist dies für ein fiktives Beispiel dargestellt. Niedrige Werte bedeuten eine schlechte Eignung für die Faktoren bzw. eine hohe Beeinträchtigung der Ökologie. In diesem Fall hat die Fläche zwar günstige Voraussetzungen wegen der Lage und dem städtebaulichen Konzept, ist aber gleichzeitig eine bedeutsame Fläche für die Landwirtschaft sowie den Klimaschutz und Luftaustausch.



**Abbildung 3:**

Eigenschaftsprofil (Footprint)  
am Beispiel einer fiktiven  
Fläche

Quelle: HfWU Nürtingen-  
Geislingen.

## 2.2 Vom Punktesystem zur monetären Bewertung

Um eine monetäre Bewertung für die Gewerbefläche zu erhalten, wird ein einfacher Modellansatz verwendet. Die Ausgangsbasis ist der in der Gemeinde verwendete Bodenrichtwert, der durch Zuschläge oder Abschläge modifiziert wird. Eine Gewerbefläche kann im Rechenmodell einen Punktwert von bis 500 Punkten erhalten. Eine geringe Punktzahl bedeutet aus Sicht der drei Bewertungsbereiche eine ungeeignete Fläche, während hohe Punktzahlen eine gute Eignung ohne negative Umweltaspekte bedeuten. Per Definition erhalten Gewerbeflächen mit mittlerer Punktzahl (250 Punkte) als monetären Wert exakt den mit der Fläche multiplizierten Bodenrichtwert in der Gemeinde. Mögliche Abweichungen von der mittleren Punktzahl nach oben oder unten führen zu monetären Zu- bzw. Abschlägen.

Eine Gewerbefläche mit bester, also maximaler Punktezahl (500 Punkte) erhält einen Zuschlag von 75 Prozent auf den Bodenrichtwert. Für die schlechteste Variante gibt es einen Abschlag von 75 Prozent auf den Bodenrichtwert (vgl. Tabelle 3).

Diese theoretische Abweichung wird bei den im Projekt durchgeführten realen Flächenbewertungen aber nie erreicht, da keine Fläche in allen Bewertungsbereichen sehr gut oder sehr schlecht abschneidet. Bei den realen Bewertungen führt dieser Modellansatz zu maximalen Abweichungen von ca. plus/minus 20 Prozent und kann somit auch eine Lenkungswirkung bezüglich dem Flächeneinsparziel erreichen.

**Tabelle 3:**

Rechenbeispiel für eine Gewerbefläche von 10 000 qm mit 14,4 Prozent positiver Abweichung vom Bodenrichtwert

|                         |   |         |         |
|-------------------------|---|---------|---------|
|                         | Bodenrichtwert Euro pro qm                                    | 45,00   |         |
|                         | Größe der Gewerbefläche in qm                                 | 10 000  |         |
|                         | Bodenwert Euro  | 450 000 |         |
| max +/- 75 % Abweichung |   |         |         |
| 0 Punkte = - 75 %       | Gewichtungsabweichung in %                                    |         | +14,4   |
| 250 Punkte = 0 %        | Wert der Gewerbefläche für Pool Euro (114,4 % des Bodenwerts) |         | 514 888 |
| 500 Punkte = +75 %      | Differenz Bodenwert und Poolwert Euro                         |         | 64 888  |

Quelle: HfWU Nürtingen-Geislingen.

Die monetäre Bewertung der Gewerbeflächen wird zur Berechnung der Poolanteile der jeweiligen Kommunen verwendet. Tabelle 4 zeigt in einer fiktiven Rechnung a) die Ermittlung der Anteile, b) eine Jahresendabrechnung, c) die Verteilung der Erlöse im ersten Jahr und d) nach zehn Jahren. Die Einbeziehung der Gewerbesteuer in den Pool bringt insgesamt höhere Einnahmen und einen Risikoausgleich. Größere Schwankungen des Gewerbesteueraufkommens werden ausgeglichen. Selbst eine Gemeinde, die über die gesamte (fiktive) Laufzeit lediglich eine Geldeinlage in den Pool einbrachte, erhält nach zehn Jahren über 92 Prozent der Einlage zurück. Dem Flächenspareffekt wird dadurch Rechnung getragen, dass nicht Flächen im Vorgriff, quasi als Vorratsfläche für den Fall der Fälle, monetär aufwändig erschlossen werden. Der „qualitative Aspekt“ wird durch die monetäre Abwertung ökologisch sensibler Flächen erreicht.

|                        | Fläche<br>[ha] | er-<br>schlos-<br>sen | angenomme-<br>ner Verkaufs-<br>preis<br>[Euro/qm] | Anteil<br>Bodenwert<br>[Euro/qm] | Bewertung<br>[Euro/qm] | Anteil<br>[%] |
|------------------------|----------------|-----------------------|---|----------------------------------|------------------------|---------------|
| Balingen               | 20             | ja                    | 30  | 15                               | 3.000.000              | 23,45         |
| Schömborg              | 10             | ja                    | 20  | 10                               | 1.000.000              | 7,81          |
| Haigerloch             | 5              | ja                    | 20  | 10                               | 500.000                | 3,91          |
| Hechingen/Bodelshausen | 20             | ja                    | 35  | 17,5                             | 3.500.000              | 27,34         |
| Bitz                   | 10             | nein                  | 15  | 15                               | 1.500.000              | 11,71         |
| Rangendingen           | 20             | nein                  | 15  | 15                               | 3.000.000              | 23,44         |
| Grosselfingen          | 2              | ja                    | 20  | 10                               | 200.000                | 1,56          |
| Geislingen             | 0              |                       | Einlage   | 100.000                          | 100.000                | 0,78          |
| Summe                  | 87             |                       |   |                                  | 12.800.000             | 100,00        |

**Tabelle 4:**

Rechenbeispiele zur Erläuterung der Funktionsweise des Risikoausgleichs

a) Einlagen/Ermittlung der Anteile am Pool (fiktive Rechnung)

| Verkauf in 2009<br>[m²] | Preis<br>[Euro/qm] | Verkaufspreis<br>[Euro] | Erstattung<br>Erschl. Beitrag<br>[Euro] | Erlös [Euro]<br>(Verteilungs-<br>masse*) |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|---|--|
| 10.000 in Balingen      | 30                 | 300.000                 | 150.000                                 | 150.000                                  |
| 0 in Schömborg          |                    | 0                       | 0                                       | 0  |
| 4.000 in Haigerloch     | 20                 | 80.000                  | 40.000                                  | 40.000                                   |
| 10.000 in Hechingen     | 35                 | 350.000                 | 175.000                                 | 175.000                                  |
| 0 in Bitz               |                    | 0                       | 0                                       | 0  |
| 0 in Rangendingen       |                    | 0                       | 0                                       | 0  |
| 2.000 in Grosselfingen  | 20                 | 40.000                  | 20.000                                  | 20.000                                   |
| Geislingen Einlage      |                    | 100.000                 |   | 100.000                                  |
| Zwischensumme           |                    |                         |   | 485.000                                  |
| ./. Werbung/Verwaltung  |                    |                         |   | -100.000                                 |
| Summe                   |                    |                         | 385.000                                 | 385.000                                  |

b) Angenommene Jahresrechnung nach einem Jahr (fiktive Rechnung)

\* Die vorgesehene Einbeziehung der Gewerbesteuer in den Pool bringt höhere Einnahmen insgesamt und den Risikoausgleich auch im Bereich der Gewerbesteuereinnahmen. Größere Schwankungen der Gewerbesteueraufkommen im Zeitablauf werden ausgeglichen.

|                        | Anteil [%] | Erlöse nach einem Jahr [Euro] |              |
|------------------------|------------|-------------------------------|--------------|
|                        |            | Erstattung Erschl.<br>Beitrag | Ausschüttung |
| Balingen               | 23,45      | 150.000                       | 90.234       |
| Schömborg              | 7,81       |                               | 30.078       |
| Haigerloch             | 3,91       | 40.000                        | 15.039       |
| Hechingen/Bodelshausen | 27,34      | 175.000                       | 105.273      |
| Bitz                   | 11,71      |                               | 45.117       |
| Rangendingen           | 23,44      |                               | 90.234       |
| Grosselfingen          | 1,56       | 20.000                        | 6.016        |
| Geislingen             | 0,78       |                               | 3.008        |
| Summe                  | 100,00     |                               | 385.000      |

c) Verteilung der Erlöse aus 2009 (nach einem Jahr; fiktive Rechnung)

d) Verteilung der Erlöse nach vollständigem Verkauf (Annahme 10 Jahre; fiktive Rechnung)

|                            | ha | Verkaufspreis [Euro] | Erstattung Erschl. Beitrag [Euro] | Anteil [%] | Ausschüttung [Euro] abzgl. Kosten Werbung/Verwaltung (100.000 pro Jahr) | Anteil an Kosten Werbung/Verwaltung [Euro] |
|----------------------------|----|----------------------|-----------------------------------|------------|---|--|
| Balingen                   | 20 | 6.000.000            | 3.000.000                         | 23,45      | 2.767.100   | 232.900                                    |
| Schömborg                  | 10 | 2.000.000            | 1.000.000                         | 7,81       | 921.580   | 78.420                                     |
| Haigerloch                 | 5  | 1.000.000            | 500.000                           | 3,91       | 461.380   | 38.620                                     |
| Hechingen/<br>Bodelshausen | 20 | 7.000.000            | 3.500.000                         | 27,34      | 3.226.120   | 273.880                                    |
| Bitz                       | 10 | 1.500.000            | 0                                 | 11,71      | 1.381.780   | 118.220                                    |
| Rangendingen               | 20 | 3.000.000            | 0                                 | 23,44      | 2.765.920   | 234.080                                    |
| Grosselfingen              | 2  | 400.000              | 200.000                           | 1,56       | 184.080   | 15.920                                     |
| Geislingen                 | 0  | 100.000              | 0                                 | 0,78       | 92.040  | 7.960                                      |
| Summe                      | 87 | 21.000.000           | 8.200.000                         | 100,00     | 11.800.000  | 1.000.000                                  |

Quelle: HfWU Nürtingen-Geislingen.

### 3. Stand des Projektes

Im Projekt Gewerbeflächenpool wurden im ersten Schritt planungsrechtlich abgesicherte Gewerbeflächen mit Hilfe des skizzierten Bewertungsmodells bewertet und monetär kalkuliert. In einem weiteren Schritt sind im Jahr 2008 andere Flächenkategorien hinzugekommen. Dies sind Brachflächen und Flächen, die im Rahmen von Eingriffs- und Ausgleichsmaßnahmen notwendig werden. „Ausgleichsflächen im Pool“ haben nicht die gleichen Rahmenbedingungen wie übliche Ausgleichsmaßnahmen im Rahmen des Naturschutzrechts bzw. der Bauleitplanung. Im Projekt REGENA wurden dazu folgende Eckdaten definiert: Angebot und Nachfrage für Ausgleichsflächen im Pool sollten ausgeglichen sein. Die Flächen müssen für mindestens 25 Jahre garantiert werden und im Eigentum der Kommune bleiben. Der Aufwand zur Herstellung der Ausgleichsflächen wird als vergleichbar mit dem Erschließungsaufwand für Bestandsflächen angesehen. Daraus resultiert, dass Ausgleichsflächen nicht im „Rohzustand“ in den Pool eingebracht werden können, sondern zumindest eine Teilaufwertung erfahren haben müssen. Die monetäre Bewertung ergibt sich dann aus den abgeleiteten Kosten für diese Aufwertung.

Die Wiedernutzbarmachung nicht mehr genutzter Flächen ist gerade unter dem Aspekt „Flächensparen“ Ziel zahlreicher Forschungsaktivitäten. Ein Brachflächenpool innerhalb eines Gemeindeverbundes ist dagegen Neuland. Die Rahmenbedingungen zur Aktivierung von Brachflächen sind im Pool nicht anders als in den einzelnen Gemeinden. Die Anwendung des skizzierten Bewertungsmodells für Brachen ist möglich, da mit den vorhandenen Bewertungsfaktoren und Indikatoren die Besonderheiten abgebildet werden können. Die Wiedernutzung von Brachen im Pool wird dann attraktiv, wenn insbesondere städtebauliche Kriterien eine höhere monetäre Bewertung zur Folge haben und keine Restriktionen aus ökologischer Sicht dagegen stehen. Es spricht vieles dafür, dass dies für zahlreiche Brachen zutrifft. Ausgeklammert sind hierbei Altlasten bzw. Verdachtsfälle, die anderen ökonomischen Bedingungen unterliegen. Letztlich können die Poolgemeinden in eigener Zuständigkeit ein politisches Signal für die Wiedernutzung der Brachen setzen, indem sie die Gewichtungen im Bewertungsmodell anpassen.





Für die zukünftige Entwicklung des Gewerbeflächenpools Neckar-Alb ist eine gültige Einigung zur Organisationsform notwendig. Die Beratungen zum Bewertungsmodell und seinen Erweiterungen verliefen durch das große Engagement der Städte und Gemeinden in den Diskussionen sehr erfolgreich. Eine Übertragung des Bewertungsmodells auf andere Regionen ist grundsätzlich möglich, wobei die Indikatoren bzw. deren Gewichtung gegebenenfalls anzupassen sind.

## Literatur

- Krumm, Raimund (2008): Das Konzept des „Regionalen Gewerbeflächenpools“ aus ökonomischer Sicht (Institut für Angewandte Wirtschaftsforschung -IAW-, Tübingen [Hrsg.]: IAW-Diskussionspapiere 40), Tübingen.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2007): Indikatoren zur Flächeninanspruchnahme und flächensparenden Siedlungsentwicklung in Baden-Württemberg. Entwicklerversion zu den Indikatoren zur Siedlungsentwicklung, Stuttgart.
- Regionalverband Neckar-Alb (2004): Modellprojekt Regionaler Gewerbeflächenpool Neckar-Alb. Abschlussbericht, Mössingen.
- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2005): Statistische Analysen. Der Flächenverbrauch in Baden-Württemberg und seine wichtigsten Bestimmungsgründe, Stuttgart.
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2003): Kommunale Nachhaltigkeitsindikatoren. Vom Datenfriedhof zur zentralen Steuerungsinformation, Wuppertal.

## Autoren



Bernd Murschel, Dr. sc. agr., Dipl.-Agraringenieur, geb. 1956, Studium Agrarwissenschaften an der Universität Hohenheim, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Forschung der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Mitglied des Landtages von Baden-Württemberg;  
E-Mail: [info@murschel.de](mailto:info@murschel.de)



Alfred Ruther-Mehlis, Prof. Dr.-Ing., Stadtplaner SRL, geb. 1961, Studium Stadt- und Regionalplanung TU Berlin, Prodekan Stadtplanung der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Mitinhaber des Instituts für Stadt- und Regionalentwicklung, Mitglied der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung;  
E-Mail: [ruther@hfwu.de](mailto:ruther@hfwu.de)



*Michael Weber*, Dipl.-Betriebswirt (FH), geb. 1970, Studium der Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Immobilienwirtschaft an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), Mitinhaber des Instituts für Stadt- und Regionalentwicklung an der HfWU Nürtingen-Geislingen, Stadtrat in Nürtingen;

E-Mail: [weber@manufact.net](mailto:weber@manufact.net)



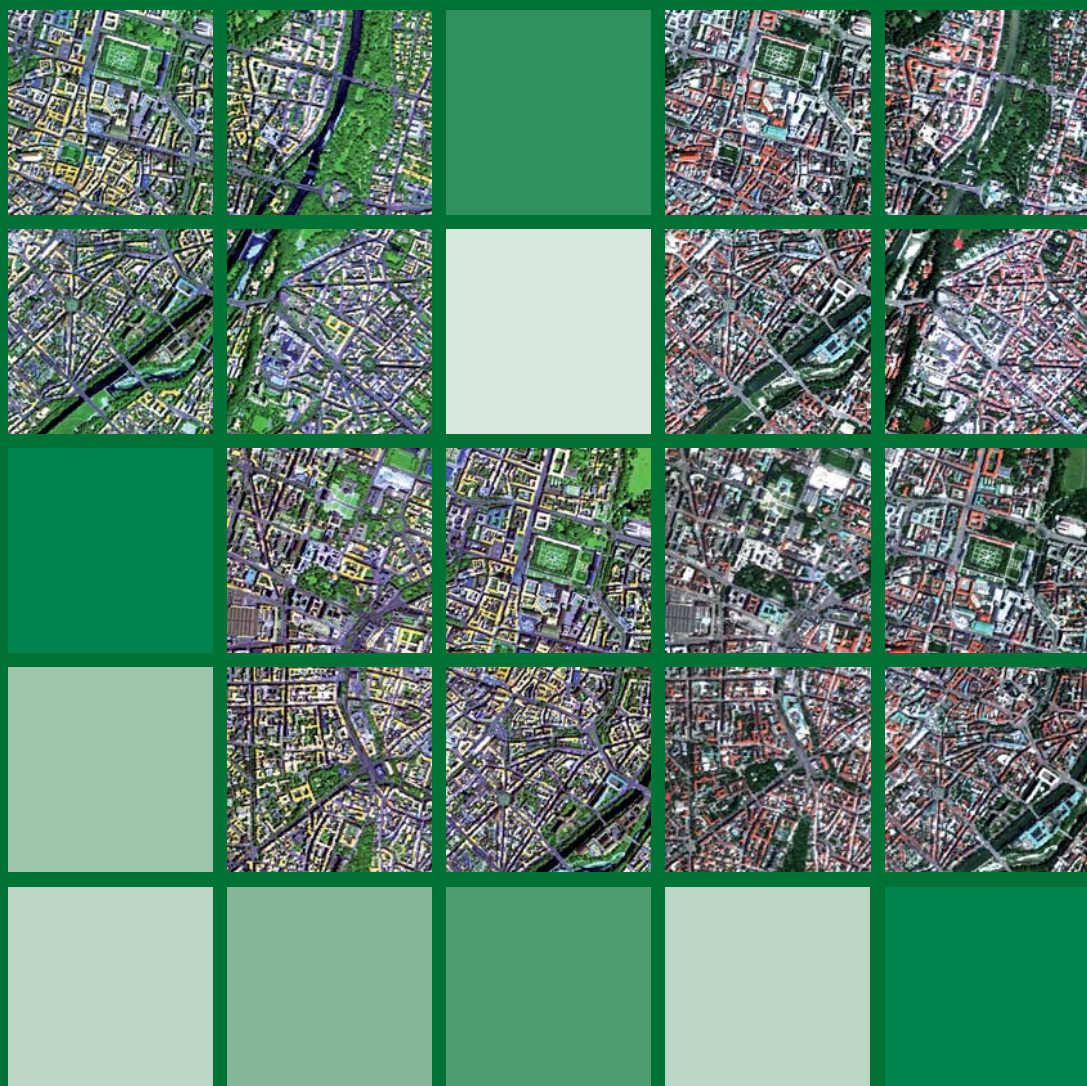
*Jörg Schneider*, Dipl.-Agraringenieur, geb. 1960, Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Hohenheim mit Schwerpunkt Boden- und Standortkunde, Studium UNIGIS-Mas Universität Salzburg, Inhaber werkbüro für boden und bodenschutz, Beuren; Mitinhaber regioplus-Ingenieurgesellschaft, Stuttgart-Mainz-Aalen; wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Forschung der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen; Vorstandstätigkeit im Bundesverband Boden e.V.;

E-Mail: [joerg.schneider@werkbueroboden.de](mailto:joerg.schneider@werkbueroboden.de)



# 5

## Monitoring und Prognose von Flächennutzungen





# Neue Beobachtungstechniken der Flächeninanspruchnahme und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis

Doris Klein, Wieke Heldens, Klaus Einig, Brigitte Zaspel und Bertram Wegner

## **REFINA-Forschungsvorhaben: Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungsbasierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanagement**

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Projektleitung:</b>      | Universität Würzburg, Geographisches Institut  |
| <b>Verbundpartner:</b>      | Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR); Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München (PV)   |
| <b>Kooperationspartner:</b> | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ); Wegner Stadtplanung; Umweltbundesamt (UBA)   |
| <b>Modellräume:</b>         | Region München, Stadtgebiete Leipzig und Dresden, Region Rhein-Neckar  |
| <b>Projektlaufzeit:</b>     | 01.06.2006 bis 30.09.2009  |
| <b>Projektwebsite:</b>      | <a href="http://www.geographie.uni-wuerzburg.de/arbeitsbereiche/fernerkundung/forschungsprojekte/refina/">www.geographie.uni-wuerzburg.de/arbeitsbereiche/fernerkundung/forschungsprojekte/refina/</a> |

## 1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Entwicklung und Evaluierung eines fernerkundungsba- sierten Flächenbarometers als Grundlage für ein nachhaltiges Flächenmanage- ment“ wurde ein bundesweit einsetzbares Instrumentarium zur quantitativen und qualitativen Bewertung der baulichen Flächeninanspruchnahme und deren zeit- lichen Veränderungen erstellt (siehe Beitrag oben: „Das Indikatorenset ‚Flächen- barometer‘ – Neue Methoden zur Beobachtung der Flächeninanspruchnahme in Deutschland“). Das Flächenbarometer ist somit ein methodischer Beitrag zur pla- nungspraktischen Umsetzung für eine nachhaltige Flächeninanspruchnahme. Neben der Bereitstellung eines definierten Daten- und Indikatorenbestands bieten insbesondere die neuen Fernerkundungsindikatoren ein hohes Potenzial zur Beob- achtung der Flächeninanspruchnahme und bereichern das praxisnahe Indikato- renset, das sowohl in der kommunalen als auch der regionalen Planung einge- setzt werden kann.

Einer dieser Fernerkundungsindikatoren ist die Bodenversiegelung. Bisherige Ver- siegelungsstatistiken beruhen auf Schätzungen des Versiegelungsgrades je Nut- zungstyp oder wurden kosten- und zeitaufwändig manuell aus Luftbildern abdi- gitalisiert (vgl. Meinel/Hernig 2006). Daher wurde für das Indikatorenset des Flächenbarometers ein Verfahren entwickelt, das mit Hilfe digitaler Fernerkun- dungsdaten großflächig objektiv und reproduzierbar die Bodenversiegelung flä- chengenau ableitet. Der Grad der Detailschärfe fernerkundlicher Auswertungen hängt dabei von dem verwendeten Sensorsystem ab. Im Rahmen dieses For-

schungsvorhabens reicht die räumliche Auflösung der Bilddaten je nach verwendetem Aufnahmesystem von 25 m (Landsat) über vier m (Hyperspektraldaten) bis zu 20 cm (Luftbilder).

So konnte mit Hilfe der Landsat-Satellitendaten auf nationaler Ebene der Grad der Bodenversiegelung in Form eines Rasters mit einer Zellengröße von 25 m ermittelt werden. Darüber hinaus zeigt eine Veränderungsstudie auf der Basis einer Modellregion, wie die zeitliche Veränderung der Versiegelung mittels Fernerkundung gezielt erfasst werden kann. Des Weiteren wurden auf kommunaler Ebene über Daten eines flugzeuggetragenen Hyperspektralsensors zusätzliche Indikatoren wie Bebauungsdichte, Vegetationsanteil, Bauvolumen und Grünvolumen berechnet, um das erweiterte Potenzial zukünftiger Fernerkundungssysteme zu demonstrieren. Neben der vertieften Darstellung der Methodik zur Ableitung dieser neuen Fernerkundungsindikatoren werden im Folgenden auch die Einsatzmöglichkeiten des gesamten Indikatorensets auf unterschiedlicher Ebene von der Raumplanung bis hin zur Stadtplanung dargelegt.

## 2. Fernerkundungsbasierte Indikatoren

### 2.1 Ableitung der Versiegelung mit Hilfe von Fernerkundung für die regionale Ebene

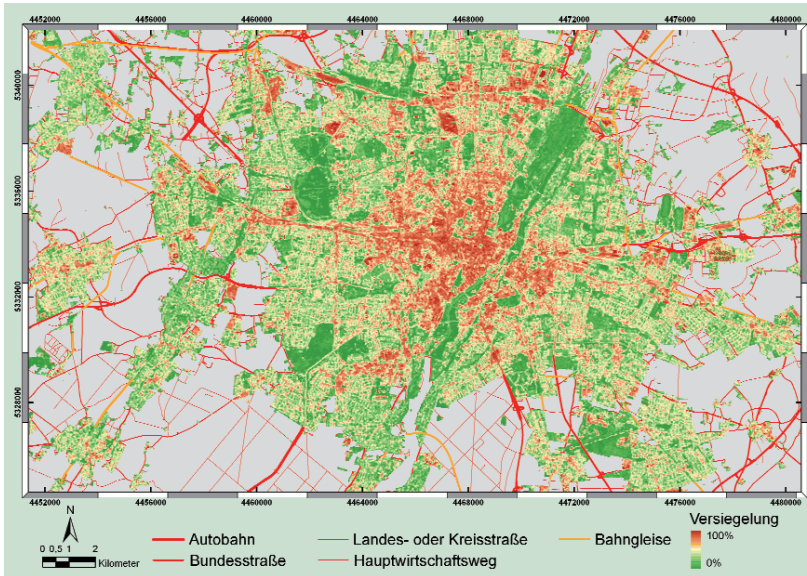
Für die deutschlandweite Berechnung des Versiegelungsgrades wurden 32 Landsat-Satellitenszenen herangezogen, die über einen Korrekturalgorithmus von atmosphärischen Störungen bereinigt und anschließend zu einem Mosaik zusammengefügt wurden.

Um die Versiegelung abzuleiten, ist zunächst ein Referenzdatensatz notwendig, der für ein bestimmtes Gebiet, etwa eine Stadt oder einen Stadtteil, die tatsächliche Versiegelungssituation beschreibt. Mit Hilfe von Regressionsverfahren kann auf der Grundlage dieser Referenzdaten eine Beziehung zwischen dem Versiegelungsgrad und den spektralen Eigenschaften der verwendeten Fernerkundungsdaten, d.h. der Farbinformation jener Bildpixel, die das Referenzgebiet abdecken, erstellt werden. Diese Beziehung wird in Form eines entsprechenden Regressionsmodells gespeichert, das nun auf beliebige Szenen des verwendeten Sensorsystems übertragen werden kann. Im Rahmen dieses REFINA-Vorhabens wurde ein entsprechendes Modell für Landsat-Daten erstellt, wobei eine Realkartierung der versiegelten Flächen der Stadt Passau zur Erstellung eines geeigneten Modells verwendet wurde. Dieses Modell wurde dann genutzt, um den Versiegelungsgrad deutschlandweit aus dem erstellten Landsat-Mosaik abzuleiten. Um eine erhöhte Genauigkeit zu erreichen und die Rechenzeit zu minimieren, finden nur die Gebiete Eingang in die Berechnung, die im Amtlichen Topografisch-Kartografischen Informationssystem (ATKIS) als Siedlungsfläche ausgewiesen sind. Zusätzlich zum fernerkundlich abgeleiteten Versiegelungsgrad der flächenhaften Siedlungs- und Verkehrsareale wurden die in ATKIS ausgewiesenen Verkehrswege (Straßen oder Gleisanlagen) außerhalb der Siedlungsflächen als versiegelte Flächen hinzugezählt. Dies liegt darin begründet, dass Verkehrswege aufgrund ihrer geringen räumlichen Ausdehnung mit Satellitendaten mittlerer Auflösung nicht zuverlässig zu erfassen sind. Eine umfassende methodische Beschreibung des eingesetzten Verfahrens zur fernerkundlichen Modellierung





von Versiegelungsgraden findet sich in Esch u.a. (2009). Am Beispiel München (Abbildung 1) ist ersichtlich und quantifizierbar, wie sich somit beispielsweise hoch verdichtete Innenstadtbereiche, Subzentren und Erholungsflächen in ihrem Versiegelungsgrad unterscheiden.



**Abbildung 1:**

Versiegelungssituation der Stadt München, abgeleitet aus Landsat-Daten des Jahres 2000 und Verkehrswegen aus ATKIS

Quelle: Darstellung Thomas Esch.



**Abbildung 2:**

Vergleich zwischen dem Versiegelungsgrad der Daten von 1999 und der modellierten Versiegelung von 2005 auf der Basis von Luftbildern:

- a Luftbild 2005,
- b Ergebnis der Versiegelungsberechnung auf Basis des Luftbildes 2005,
- c Referenzdatensatz von 1999,
- d Luftbild 2005 mit Veränderungen

Quelle: Bachofer (2008).

Die Methode der Versiegelungsberechnung funktioniert für unterschiedliche fernerkundliche Datensätze und kann für kommunale Anwendungszwecke auch auf Luftbilder übertragen werden. Mit solchen räumlich hochaufgelösten aktuellen Aufnahmen (mit einer räumlichen Auflösung von weniger als einem m) konnte für

die Stadt Leipzig eine Genauigkeit von 89 Prozent für die Versiegelungsabschätzung erreicht werden (Abbildung 2, b). Durch einen Abgleich der erhobenen Versiegelungsinformationen (Abbildung 2, b) mit existierenden Katasterdaten (Abbildung 2, c) konnten zudem Veränderungen in der Versiegelungssituation (Abbildung 2, d) aufgezeigt werden. So kann über die Differenzen weitgehend automatisiert festgestellt werden, wo eine Neuversiegelung stattgefunden hat. Grundsätzlich ist bei der Versiegelungsberechnung aus Satelliten- und Luftbildern zu beachten, dass durch den senkrechten Blickwinkel beispielsweise versiegelte Flächen wie Straßen oder Parkplätze, die von Bäumen überdeckt werden, nicht als versiegelt erkannt werden. Daher wird auch bei der Veränderungsdetektion (Abbildung 2, d) fälschlicherweise eine Fläche als Verringerung der Versiegelung eingestuft, bei der es sich tatsächlich um ein inzwischen begrüntes Dach handelt, das zwar in dem Luftbild als Vegetation, d.h. als unversiegelt, angesehen wird, jedoch als Gebäude eine Bodenversiegelung darstellt.

## 2.2 Ableitung von Indikatoren mit höchstauflösenden Fernerkundungsdaten auf kommunaler Ebene

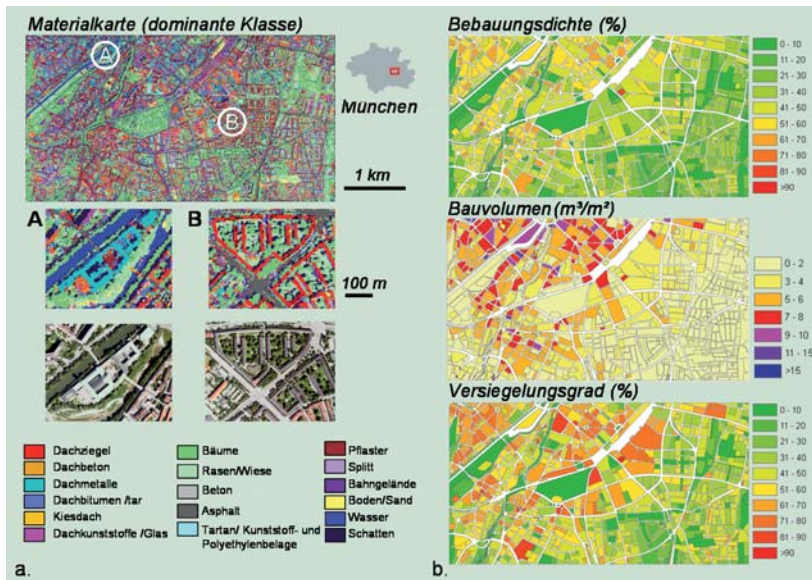
Um das volle Potenzial der Fernerkundung für die Ableitung planungsrelevanter Indikatoren zu testen, sind im Juni 2007 Aufnahmen mit dem Hyperspektralsensor HyMap für einige Kommunen in der Region München aufgezeichnet worden. Mit diesen Daten wurde eine Kartierung der Oberflächenmaterialien durchgeführt, um die Indikatoren Versiegelung, Bebauungsdichte, Vegetationsanteil, Bauvolumen und Grünvolumen abzuleiten.

Hyperspektrale Sensoren wie HyMap (vgl. Cocks u.a. 1998) sind Instrumente, die über eine Vielzahl spektraler Aufnahmekanäle verfügen – je nach System über zweihundert Bänder –, und erfassen somit das elektromagnetische Spektrum fast kontinuierlich. Aufgrund dieser Eigenschaft lässt sich ein präziser spektraler Fingerabdruck von jeder aufgezeichneten Oberfläche erstellen und somit der Materialtyp eindeutig und thematisch differenziert bestimmen. Da die meisten hyperspektralen Sensoren flugzeuggetragen sind, ist auch die räumliche Auflösung der Daten vergleichsweise hoch. Die Bilder von HyMap haben eine räumliche Auflösung von vier m und besitzen 126 spektrale Kanäle im Wellenlängenbereich von 0,4 bis 2,5  $\mu\text{m}$ . Zusätzlich wurden noch mittels der High Resolution Stereo Camera (HRSC) aufgezeichnete Höhendaten und ein Vektordatensatz mit Baublockumrissen genutzt. Bei der Verarbeitung städtischer hyperspektraler Fernerkundungsdaten sind folgende zwei Aspekte wichtig:

1. Jedes Material hat eine typische spektrale Signatur, die durch die hohe spektrale Auflösung auch in dem Hyperspektralbild identifiziert werden kann.
2. Die Stadt ist eine sehr heterogene Umgebung, in der Objekte (und damit Materialien) auf kleinem Raum abwechseln. Selbst mit einer hohen räumlichen Auflösung hat dies zur Folge, dass viele Pixel „Mischpixel“ sind, d.h., innerhalb eines Pixels sind die spektralen Signaturen mehrerer Oberflächentypen enthalten, so dass das resultierende Signal „gemischt“ ist.

Um die Materialien zu identifizieren, wurde ein spektraler Entmischungsalgorithmus verwendet. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens ist bei Roessner u.a. (2001) und Heldens u.a. (2008) zu finden. Ergebnis dieser Entmischung ist eine Materialkarte mit einer dominanten Klasse und der zweithäufigsten Klasse

pro Pixel (vgl. Abbildung 3a). Basierend auf der Materialkarte wurden nun die verschiedenen Indikatoren je Baublock berechnet (vgl. Abbildung 3b). Zur Ermittlung der Indikatoren wurden die Flächenanteile der jeweils relevanten Materialien aufsummiert und ins Verhältnis zu der Bezugsfläche (z.B. Baublock) gesetzt. Um die Genauigkeit zu evaluieren, wurden anhand von Luftbildern 14 Baublöcke digitalisiert, klassifiziert und mit den Ergebnissen aus den Hyperspektraldaten verglichen. Für diese Baublöcke zeigt das Material-Vorkommen pro Baublock einen mittleren absoluten Fehler des Flächenanteils von 3,1 Prozent, für die Bebauungsdichte von 11,7 Prozent, für den Vegetationsanteil von 10,3 Prozent und für die Versiegelung von 10,2 Prozent.



**Abbildung 3:**

a) Materialkarte,  
b) Indikatoren abgeleitet aus  
Hyperspektral- und  
Höhendaten

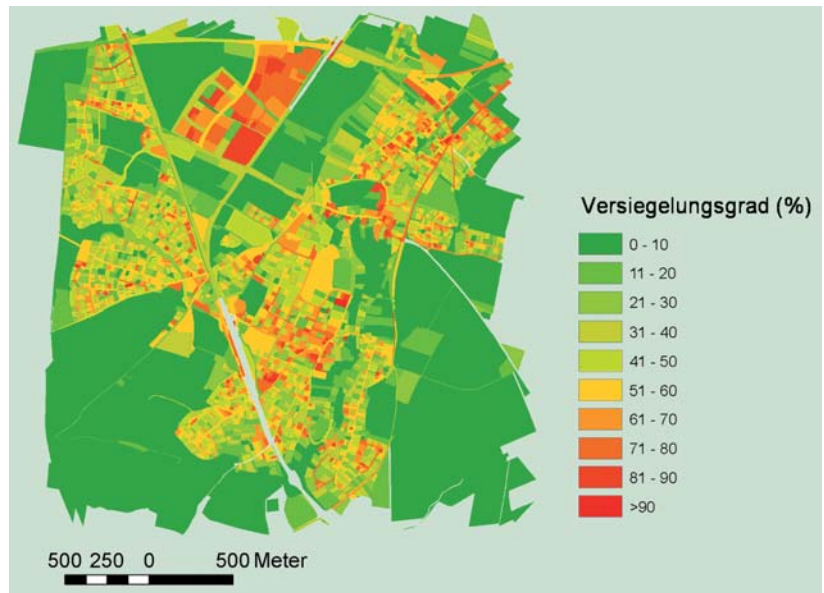
Quelle: Darstellung Wieke  
Heldens.

Neben der Metropole München sind die Daten auch für kleinere Gemeinden, etwa Oberhaching, ausgewertet worden. Im Unterschied zu München ist für diese Gemeinde mit etwa 20 000 Einwohnern die Baublockebene keine besonders aussagekräftige Bezugsgröße, so dass die Indikatoren, wie z.B. der Vegetationsanteil, hier auf Flurstücken berechnet wurden (vgl. Abbildung 4).

Mit Hilfe dieser Information können beispielsweise die für das Gemeindegebiet bedeutenden Grünstrukturen visualisiert und so schützens- und erhaltenswerte Areale aufgezeigt werden. Die Erfassung von Versiegelungsumfang und -art sowie die Ermittlung von Veränderungen über Zeitreihen können zur Führung eines Baulückenkatasters oder für das Monitoring im Rahmen der Umweltprüfung eingesetzt werden, insbesondere im Zusammenhang mit dem Schutzgut Boden. Grundsätzlich können die kommunale und die regionale Anwendungsebene unterschieden werden, da für Fragestellungen auf lokaler Ebene höchst aufgelöste Daten (räumliche Auflösung unter vier m) notwendig sind, während für regionale Anwendungen eine räumliche Auflösung von zehn bis 30 m ausreicht. Die Auflösung schlägt sich auch in den Kosten für die Datenakquisition nieder. Während Landsatdaten (30 m) kostenlos erhältlich sind, steigt der Preis, je höher die Daten räumlich und spektral aufgelöst sind. Dafür können auf der Grundlage der hoch aufgelösten Hyperspektral- und Höhendaten jedoch zusätzliche Indikatoren berechnet und

**Abbildung 4:**

Vegetationsanteil pro  
Flurstück für die Gemeinde  
Oberhaching, aus Hyper-  
spektraldaten abgeleitet



Quelle: Darstellung Wieke  
Heldens.

### 3. Einsatz des Flächenbarometers in der Praxis

#### 3.1 Einsatz in der Raumordnungsplanung

Die Lenkung von Planungen der Bodennutzung öffentlicher Stellen und die Koordination raumbedeutsamer Vorhaben öffentlicher wie privater Akteure gelten als zentrale Aufgaben der Raumordnung. Gemäß § 1 Abs. 1 S. 1 Raumordnungsgesetz (ROG) soll die Raumordnung den Gesamtraum Deutschlands und seine Teilräume durch „zusammenfassende, übergeordnete Raumordnungspläne“ entwickeln, ordnen und sichern. Mit jedem Planungsakt, der eine zeichnerische Darstellung oder textliche Festlegung im Raumordnungsplan zum Ziel hat, sind daher Entscheidungen über das Vorziehen und Zurückstellen von Belangen verbunden. Dem Anspruch einer Koordination unterschiedlicher Nutzungen im Raum kann die Raumordnung aber nur dann erfolgreich nachkommen, wenn sie über hinreichende Kenntnisse der derzeitigen Raumnutzung und der geplanten Nutzungen öffentlicher wie privater Planungsträger verfügt. Außerdem benötigt sie ein möglichst detailliertes Wissen über die Wirkungen ihrer Festlegungen. Eine indikatoren-gestützte laufende Raumbesichtigung hat die Aufgabe, diesen Informationsbedarf der Raumordnung effektiv und effizient zu befriedigen.

Obwohl Raumordnungspläne weitgehend einem Katalog von Zielen zur Raumentwicklung entsprechen und die Wirkungspfade der eingesetzten formal-rechtlichen Instrumente zumindest aus planungsrechtlicher Sicht eindeutig bestimmt sind, ist die Evaluierbarkeit von Landes- und Regionalplänen schwierig (vgl. Fürst





2000). Für eine präzise Erfolgskontrolle im Sinne eines Soll-Ist-Vergleichs eignen sich nur sehr wenige Ziele von Landes- und Regionalplänen, die zudem oft gegensätzlich, unpräzise formuliert, vom Charakter eher qualitativ und ohne Nennung eines Maßstabs sind, an dem ihr zukünftiger Umsetzungserfolg abgeschätzt werden kann (vgl. Einig 1998: 41; Schürmann 2006: 91).

In Deutschland gibt es bisher erst sehr wenige Beispiele von Regionalplänen, die das nationale 30-ha-Ziel der Bundesregierung aufgreifen und für ihr Territorium als regionalisierte Zielgröße operationalisieren. Bestimmt der Träger aber nicht präzise, welches Reduktionsniveau oder Verhältnis politisch angestrebt wird, lässt sich auch im Nachhinein nicht sagen, ob die Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung eher erfolgreich oder weniger erfolgreich verlaufen ist. Um unter den herrschenden Bedingungen schwieriger Evaluierbarkeit von Zielen der Raumordnung überhaupt zu bewertenden Aussagen zu kommen, muss häufig ein allgemeiner Indikatorbezug an die Stelle einzelner Ziele von Raumordnungsplänen treten. Hier liegt die Stärke des Flächenbarometers für die Raumordnungspolitik. Durch seinen umfangreichen Indikatorensatz wird eine breite Wissensgrundlage für den Vergleich der Entwicklungsprozesse der Siedlungs- und Verkehrsfläche in unterschiedlichen Planungsräumen geschaffen. So können Entwicklungen in verschiedenen Planungsregionen auf der Basis eines einheitlichen Maßstabs und identischer Indikatoren vergleichend bewertet werden. Eine zentrale Bedeutung haben in diesem Kontext Rankings, Ratings und Benchmarks. Um einen erfolgreichen Einsatz von indikatorbasierten Regionsvergleichen in der Raumordnungspolitik zu ermöglichen, sollten sowohl Strukturindikatoren als auch Entwicklungsindikatoren verwendet werden. Werden umfangreiche Indikatorensätze verwendet, besteht allerdings ein erheblicher Erläuterungsbedarf durch Experten.

### 3.2 Bewertung des Flächenbarometers aus Sicht der Stadtplanung anhand von Fallbeispielen

Die Untersuchung des praktischen Einsatzes der Indikatoren zur Bewertung der Nachhaltigkeit beschränkt sich aus methodischen Gründen auf die Siedlungsflächen. Die Kommunen tragen im Zuge der kommunalen Planungshoheit einerseits eine hohe Verantwortung für die Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen, andererseits werden die Entscheidungen von ehrenamtlich besetzten Stadt- oder Gemeinderatsgremien getroffen. Somit kommt der Entscheidungsvorbereitung durch eine fachliche Beratung eine hohe Bedeutung zu. Dies ist auch vor dem Hintergrund erforderlich, dass beispielsweise im Zuge von Vorhaben- und Erschließungsplänen der Planungsanstoß für eine Bauleitplanung in zunehmendem Umfang nicht von der Gemeinde selbst kommt, sondern von Investoren. Dadurch wird der Bedarf an einer fundierten Beratung der Entscheidungsgremien zusätzlich erhöht. Daraus ergibt sich die Intention des Flächenbarometers als Analyse- und Beratungsinstrument. Im Rahmen der Praxisbegleitung des REFINA-Projektes Flächenbarometer wurden zum einen die Einsatzmöglichkeiten des Flächenbarometers im Zusammenhang mit der Flächeninanspruchnahme evaluiert und zum anderen weitere Einsatzmöglichkeiten in der Planungspraxis identifiziert.

Die Evaluierung des Flächenbarometers erfolgte unter der Fragestellung, wie eine Beurteilung der qualitativ definierten Nachhaltigkeit auf Grundlage der quantitativen Indikatoren des Flächenbarometers erfolgen kann. Für die Evaluierung

wurden als Fallbeispiele bayerische Städte<sup>1</sup> mit einer bekannten, aber recht unterschiedlichen Entwicklung ausgewählt. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten, beschränkte sich die Auswahl auf Städte ähnlichen Raumtyps und vergleichbarer Größe. Als Beispiele für den durchgeführten Plausibilitätstest wurden Fürth und Ingolstadt herausgegriffen, beide Städte haben eine annähernd gleiche Einwohnerzahl und in den vergangenen Jahren deutlich an Einwohnern gewonnen. Während in Fürth die Konversion großer Militärfächen stattgefunden hat, hat sich Ingolstadt sehr stark in die Fläche entwickelt.

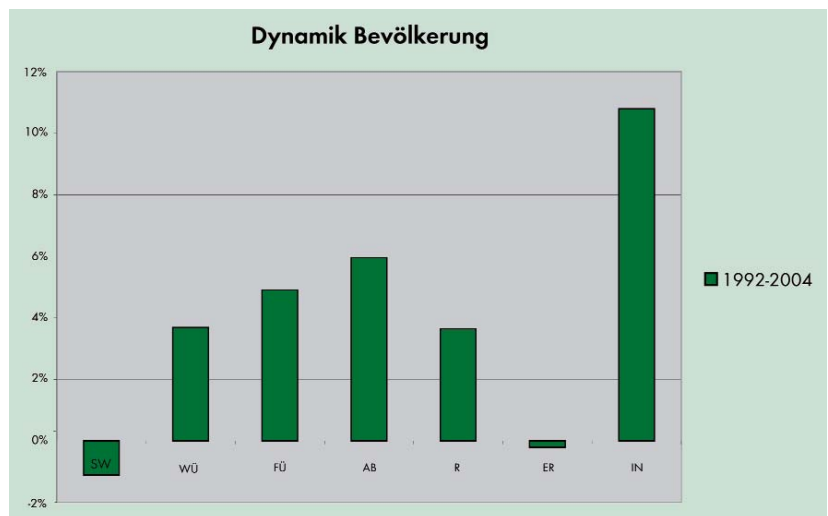
Von Interesse sind vor allem die dynamischen Indikatoren, anhand derer sich Entwicklungen gut vergleichen lassen. Je länger die Zeitspanne bei den dynamischen Indikatoren ist, desto zuverlässiger ist die Aussage, ab zwölf Jahren sind dynamische Faktoren im Zusammenhang mit einer flächenrelevanten Stadtentwicklung aussagekräftig. Große Konversionsflächenprojekte, wie in Fürth, benötigen einen Planungs- und Umsetzungszeitraum von 15 und mehr Jahren. Methodisch wurden jeweils mehrere Indikatoren betrachtet und einer qualitativen Bewertung und Interpretation unterzogen. Mit dieser Betrachtung wurde überprüft, ob sich eine nachhaltige Entwicklung in den Indikatoren der Art niederschlägt, dass Städte mit großflächigen Konversionsmaßnahmen messbar weniger neue Fläche in Anspruch nehmen.

Der aussagekräftigste Indikator – die Dynamik der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche 1996 bis 2004 (Abbildung 6) – soll im Zusammenhang mit der relativen Veränderung der Einwohnerzahl (Abbildung 5) hier beispielhaft vorgestellt werden. In die qualitative Bewertung flossen noch andere Indikatoren mit ein, wie die Siedlungsdichte oder der Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche je Einwohner. Aufgrund der qualitativen Auswertung sind durch die Datenverfügbarkeit bedingte Abweichungen in den Zeitspannen der dynamischen Indikatoren hinnehmbar. Durch die gleichzeitige Betrachtung mehrerer Indikatoren können siedlungsstrukturelle Besonderheiten, insbesondere hinsichtlich der Siedlungsdichte oder des Anteils an gewerblich genutzten Flächen, ausgeglichen werden.

#### Abbildung 5:

Dynamik Bevölkerung 1992 bis 2004

Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung.



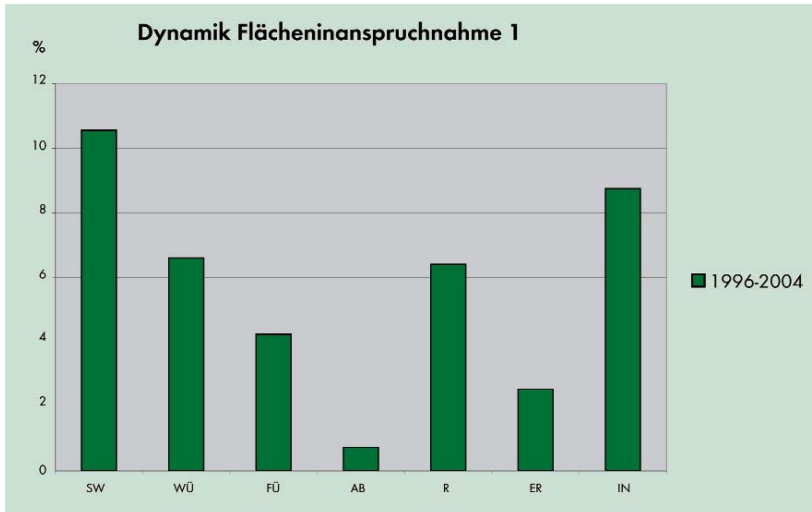
<sup>1</sup> Schweinfurt (SW), Würzburg (WÜ), Fürth (FÜ), Aschaffenburg (AB), Regensburg (R), Erlangen (ER), Ingolstadt (IN).



**Abbildung 6:**

Dynamik der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche 1996 bis 2004

Quelle: Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung.



Als Ergebnis der Fallbeispiele lässt sich feststellen, dass die Konversionsstädte Aschaffenburg, Fürth und Erlangen den geringsten Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche aufzuweisen haben, wobei Aschaffenburg und Fürth gleichzeitig auch Einwohner hinzugewonnen haben, während in Erlangen die Einwohnerzahl stagnierte. Ingolstadt hat erwartungsgemäß einen hohen Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche. Die im Mittelfeld liegenden Entwicklungen in Regensburg und Würzburg können gut zur Einordnung der anderen Städte herangezogen werden. In Schweinfurt führt der Einwohnerrückgang zu einer deutlich ungünstigeren Bewertung.

Großflächige Maßnahmen des Flächenrecyclings wie die Konversion von Militärfächen lassen sich somit anhand der Indikatoren und damit mit dem „Flächenbarometer“ ablesen. Dabei müssen mehrere Indikatoren in der Zusammenschau einer qualitativen Bewertung durch einen Experten unterzogen werden. Das Zeitintervall der dynamischen Indikatoren sollte dabei möglichst lang sein (zwölf Jahre, besser 16 Jahre). Anhand der Fallbeispiele konnte die Zuverlässigkeit der Indikatoren für Gebietseinheiten mit ähnlicher Siedlungsstruktur nachgewiesen werden. Auch wenn zur Interpretation andere Indikatoren mitbetrachtet werden müssen, so gibt der Indikator Dynamik der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche 1996 bis 2004 eine gute Ersteinschätzung zur Nachhaltigkeit des Bodenmanagements einer Kommune. Eine rein technische Datenabfrage oder automatisierte Auswertung der Indikatoren ist aufgrund der qualitativen Aspekte jedoch nicht möglich, die Daten müssen vielmehr im Zusammenspiel mehrerer Indikatoren „gelesen“ und interpretiert werden. Somit bietet das Flächenbarometer Unterstützung für eine hochqualifizierte Fachberatung.

### 3.3 Weitere Anwendungsmöglichkeiten

Das Flächenbarometer ist sowohl zur Analyse als auch zur Prognose geeignet. Liegen die Indikatoren des Flächenbarometers als Zeitreihen vor, können die Daten sowohl für die vergangenheitsorientierte Beurteilung von Raumentwicklungsprozessen eingesetzt werden, als auch Prognosemodelle für Ex-ante-

Betrachtungen der Raumentwicklung unterstützen. Je kleinräumiger Verhältnisse durch Indikatoren abgebildet werden, desto eher eignen sie sich für den Einsatz in der kommunalen Flächennutzungsplanung. Beispielsweise können hochauflösende Fernerkundungsdaten für die Beurteilung von Bauflächenreserven und deren baulicher Ausschöpfung sowie die Dimensionierung von Nachverdichtungspotenzialen im städtebaulichen Bestand eingesetzt werden. Im gemeindeübergreifenden Zusammenhang sind auch Vergleiche zwischen Städten und anderen Raumeinheiten möglich. Größere Städte, die über kleinräumige statistische Daten verfügen, können auch Vergleiche zwischen den einzelnen Stadtbezirken ziehen und ihre Planung entsprechend räumlich differenzieren. Somit kann die Entscheidungsfindung über Bauflächen nicht nur hinsichtlich des Umfangs, sondern auch der räumlichen Lage im Stadtgebiet unterstützt werden. Daneben ist auch ein Vergleich zwischen mehreren Kommunen für unterschiedliche Zwecke möglich, wie z.B. in der Regionalplanung, der Beurteilung der Nachhaltigkeit von Städten oder auch bei der Evaluierung von Fördermitteln, insbesondere zum Stadtbau.

#### 4. Fazit

Der Vorteil, die Nachhaltigkeitsindikatoren um fernerkundungsgestützte Indikatoren zu erweitern, besteht darin, dass die Fernerkundungsindikatoren flächengenau und objektiv wiederholbar aus realen Messungen berechnet werden. Darin liegt jedoch auch der Nachteil der Methode: Durch die Senkrechtaufnahmen des Sensors werden beispielsweise Flächen, die von Baumkronen bedeckt sind, als unversiegelt erfasst.

Grundsätzlich können bei der Nutzung von Fernerkundungsdaten die kommunale und die regionale Anwendungsebene unterschieden werden, da für Fragestellungen auf lokaler Ebene höchstauflösende Daten (räumliche Auflösung unter vier m) notwendig sind, während für regionale Anwendungen eine räumliche Auflösung von zehn bis 30 m ausreicht. Die Auflösung schlägt sich auch in den Kosten für die Datenakquisition nieder. Während Landsatdaten (30 m) kostenlos erhältlich sind, steigt der Preis, je höher die Daten räumlich und spektral aufgelöst sind. Dafür können auf der Grundlage der hochaufgelösten Hyperspektraldaten zusätzliche Indikatoren berechnet und bedeutend höhere thematische und räumliche Detailgrade erreicht werden.

Diese fernerkundungsbasierten Indikatoren zur Versiegelung, dem Bauvolumen oder Grünanteil sind lediglich quantitative Indikatoren der Flächeninanspruchnahme. Für ein umfassendes Bild zur Bewertung der Flächeninanspruchnahme ist es jedoch notwendig, zusätzliche Indikatoren zu betrachten, die die Qualität der Entwicklung wiedergeben.

Der Vorteil des Flächenbarometers liegt in seinem umfangreichen Indikatorensatz begründet, der eine einheitliche Basis zum Vergleich der Entwicklungsprozesse der Siedlungs- und Verkehrsfläche in unterschiedlichen Planungsräumen bildet. Zudem lässt das Flächenbarometer durch Querschnitt- wie Längsschnittanalysen räumliche Schwerpunkte für den Maßnahmeinsatz erkennen und zeigt Entwicklungstendenzen im Hinblick auf die Zielerreichung auf. So kann das Flächenbarometer dazu verwendet werden, die Effizienz größerer Projekte der Innenentwicklung, wie z.B. die Konversion von Militärfächen, zu dokumentieren und deren Bedeutung



herauszuheben. Da die Neunutzung von Konversionsflächen oftmals finanziell unterstützt wird, z.B. im Rahmen des Städtebauförderungsprogramms Stadumbau, lässt sich zudem mittels des Flächenbarometers nachweisen, ob eine solche Unterstützung wirksam zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme beiträgt.

## Literatur

- Bachofer, Felix (2008): Ableitung von Versiegelungsgraden basierend auf hochaufgelösten Fernerkundungsdaten mittels „SUPPORT VECTOR REGRESSION“ (Universität Tübingen, Diplomarbeit).
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2002): Nachhaltige Raumentwicklung im Spiegel von Indikatoren, Bonn (Berichte Nr. 13).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMBVS), Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2007): Nachhaltigkeitsbarometer Fläche. Regionale Schlüsselindikatoren nachhaltiger Flächennutzung für die Fortschrittsberichte der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Flächenziele, Bonn (Forschungen Nr. 130).
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMBVS), Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2009): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen, Bonn (Forschungen Nr. 139).
- Cocks, Terry, Rob Jenssen, Alan Stewart, Ian Wilsons und Trevor Shields (1998): The HyMap Airborne Hyperspectral Sensor: The System, Calibration and Performance. Proc. 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy (M. Schapeman, D. Schläpfer, and K.I. Itten, Eds.), 6–8 Oktober 1998, Zürich, EARSeL, Paris, S. 37–42.
- Einig, Klaus (1998): Handlungskoordination durch siedlungspolitische Umweltziele, in: Bergmann, Axel, Klaus Einig, Gérard Hutter, Bernhard Müller und Stefan Siedentop (Hrsg.): Siedlungspolitik auf neuen Wegen. Steuerungsinstrumente für eine ressourcenschonende Flächennutzung, Berlin, S. 37–63.
- Esch, Thomas, Vitus Himmler, Christopher Conrad, Gunther Schorcht, Michael Thiel, Felix Bachofer, Thilo Wehrmann, Michael Schmidt und Stefan Dech (2009): Large-area Assessment of Impervious Surface Based on Integrated Analysis of Single-date Landsat-7 Images and Geospatial Vector Data, in: Remote Sensing of Environment 113, S. 1678–1690.
- Fürst, Dietrich (2000): Kann man die Wirkung der Raumplanung messen?, in: Hill, Hermann, und H. Hof (Hrsg.): Wirkungsforschung zum Recht II, Baden-Baden, S. 107–118.
- Heldens, Wieke, Thomas Esch, Uta Heiden und Stefan Dech (2008): Potential of Hyperspectral Remote Sensing for Characterisation of Urban Structure in Munich, in: Jürgens, Carsten (Hrsg.): Remote Sensing – New Challenges of High Resolution, Proceedings of the EARSeL Joint Workshop Bochum, March 5–7 2008, CD-ROM, S. 94–103.
- Meinel, Gotthard, und Anita Hernig (2006): Erhebung der Bodenversiegelung auf Grundlage des ATKIS-Basis-DLM – Möglichkeiten und Grenzen, in: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, 3 (2006), S. 195–204.
- Roessner, Sigrid, Karl Segl, Uta Heiden und Hermann Kaufmann (2001): Automated Differentiation of Urban Surfaces Based on Airborne Hyperspectral Imagery, in: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39, S. 1525–1532.

*Schürmann, Thomas (2006): Möglichkeiten und Grenzen der Evaluation eines Regionalplans in NRW, Dortmund (Universität Dortmund, Fakultät für Raumplanung, Diplomarbeit).*

### Weiterführende Hinweise und Publikationen

*Deutsches Institut für Urbanistik (2009): Flächenbarometer: Auf dem Weg zu einem Google Earth fürs Flächensparen, in: Flächenpost – nachhaltiges Flächenmanagement in der Praxis, Nr. 7, März 2009.*

*Esch, Thomas, Gunther Schorcht, Michael Thiel und Stefan Dech (2007): Satellitengestützte Erfassung der Bodenversiegelung in Bayern, Bayerisches Landesamt für Umwelt.*

### Autorinnen und Autoren



*Klaus Einig, Dipl.-Ing., Studium der Stadtplanung, wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung in Dresden, Forschungsaufenthalte an der TU Hamburg-Harburg und dem Max-Planck-Institut für demografische Forschung in Rostock, seit 2002 Projektleiter beim Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), seit 2004 stellvertretender Leiter des Referates Raumentwicklung;  
E-Mail: Klaus.Einig@bbr.bund.de*



*Wieke Heldens, MSc., Studium der Geographischen Informationswissenschaften in Wageningen (Niederlande), seit 2006 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Fernerkundung im Geographischen Institut der Julius-Maximilians-Universität Würzburg;  
E-Mail: wieke.heldens@dlr.de*



*Doris Klein, Dr., Dipl.-Geogr., Studium der Informatik in Erlangen und der Geographie in Bonn, seit 2008 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Fernerkundung im Geographischen Institut der Julius-Maximilians-Universität Würzburg;  
E-Mail: doris.klein@uni-wuerzburg.de*



*Bertram Wegner, Dipl.-Ing., Studium Architektur an der FH Würzburg-Schweinfurt und Städtebau/Stadtplanung an der TU Hamburg-Harburg, nach Tätigkeit in verschiedenen Stadtplanungsämtern und Planungsbüros seit 2002 selbständiger Architekt und Stadtplaner, Büro Wegner Stadtplanung, Veitshöchheim;  
E-Mail: wegner@wegner-stadtplanung.de*



*Brigitte Zaspel, Dipl.-Geogr., Studium der Geographie in Bonn, seit 2006 wissenschaftliche Mitarbeiterin beim Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) in Bonn;  
E-Mail: [brigitte.zaspel@bbr.bund.de](mailto:brigitte.zaspel@bbr.bund.de)*

## Automatische Analyse von Fernerkundungsdaten zur Generierung von Flächeninformationen in urbanen Räumen

*Claudia Hagedorn, Adrian Klink, Andreas Völker und Andreas Mütterthies*

**REFINA-Forschungsvorhaben: Entwicklung und Erprobung semiautomatischer und automatisierter Verfahren zur Erfassung und Bewertung von Siedlungs- und Verkehrsflächen durch Fernerkundung und Technologietransfer – Automatisierte Fernerkundungsverfahren**

**Verbundkoordination:** EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH  
**Projektpartner:** Fachhochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur; Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (LBEG); Stadt Osnabrück, Fachbereich Städtebau; Stadt Osnabrück, Fachbereich Umwelt

**Modellraum:** Stadt Osnabrück  
**Projektlaufzeit:** 01.04.2006 bis 31.03.2009

Um den Flächenverbrauch auf 30 Hektar im Jahr 2020 zu reduzieren und die Innenentwicklung voranzutreiben, benötigen die Kommunen zahlreiche Informationen für ihre Planungs- und Entscheidungsprozesse. Diese notwendigen statistischen, ökonomischen und ökologischen Daten können in vielen Fällen aus Geodaten, also Daten mit räumlichem Bezug, generiert werden. Für die Erstellung bzw. Fortführung dieser Geodaten werden im verstärkten Maße die Methoden der Fernerkundung eingesetzt. Vor allem im Flächenmonitoring werden stets aktuelle Daten benötigt, die durch Fernerkundungsdaten generiert werden können. Ein Hemmnis für die Verwendung von Fernerkundungsdaten ist zum einen die bei vielen potenziellen Nutzern noch immer vorhandene Unsicherheit bezüglich der Kosten und dem zeitlichen Aufbereitungsaufwand. Zum anderen genießen erdgebundene Mess- und Erfassungsverfahren häufig noch immer einen historisch gewachsenen Vertrauensvorsprung. Die im Folgenden vorgestellte Weiterentwicklung der automatischen Analyse von Luft- und Satellitenbildern trägt zur konsequenten Entwicklung einer kostengünstigeren Datenerfassung und -aufbereitung und damit zu einer besseren Verfügbarkeit von Fernerkundungsmethoden für Akteure des Flächenmonitorings bei.

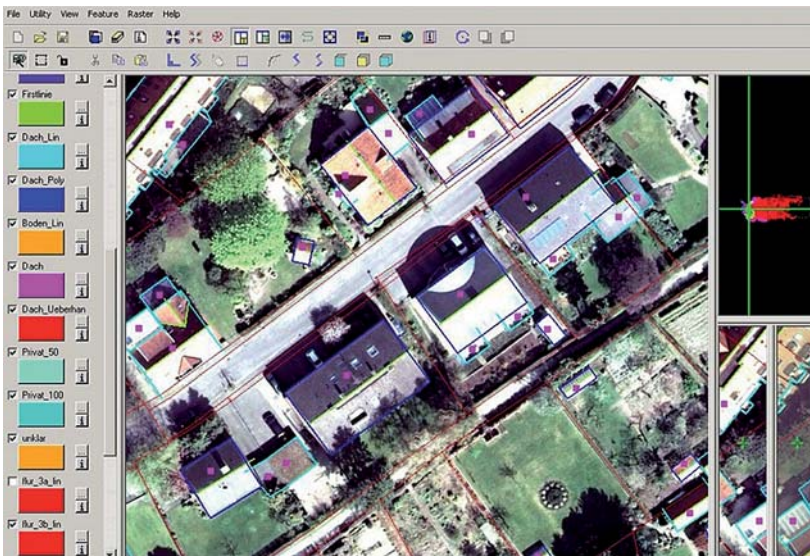
### Beitrag der Fernerkundung zur Gewinnung von Flächeninformationen im urbanen Raum

Die Verwendung von Daten mit geografischem Bezug gewinnt in unserer Gesellschaft immer mehr an Bedeutung. Notwendige Bestandteile für die Stadtplanung sind die Vermessung und die visuelle Darstellung in diversen Kartenwerken wie z.B. dem Flächennutzungsplan. Durch die Verwendung von Geografischen Informationssystemen (GIS) wurden Visualisierung und Verschneidung der Daten verbessert. Dennoch ist in vielen Fällen eine Begutachtung der Flächen vor Ort not-





wendig, da die Kartenwerke oder digitalen Daten nicht immer die erforderliche Detailtreue und Aktualität bieten. Zusätzliche Informationen liefern hier sowohl Luftbilder als auch sehr hochauflösende Satellitenbilder, die durch die inzwischen bessere Hardwareleistung innerhalb des GIS visualisiert und verarbeitet werden können. Dadurch lassen sich je nach Interpretationserfahrung des Bearbeiters zeitraubende Geländeterminale vermeiden. Eine Verschneidung der GIS-Daten mit den Bildinformationen ist allerdings ohne eine Aufbereitung des Bildes nicht möglich. In den meisten Fällen erfolgt diese Aufbereitung der Bilddaten durch eine manuelle Digitalisierung der Landnutzung am Bildschirm. Dabei ist je nach Fragestellung eine Digitalisierung im zweidimensionalen oder im dreidimensionalen Raum möglich. Ein Beispiel sind Versiegelungskartierungen, die im Auftrag von Wasserverbänden oder Kommunen zu den Themen „Siedlungswasserwirtschaftliches Management und Planung“ bzw. „Abwassergebührensplitting“ durchgeführt werden. Hier ist eine Erfassung der versiegelten Flächen und Dächer sowie der Geländeform und der Dachneigung notwendig (vgl. Abbildung 1). Dabei muss eine Detailgenauigkeit gewährleistet werden, die etwa dem Kartenmaßstab 1 : 5 000 entspricht. Aufgrund von Verkippungen höherer Objekte in den Luftbildern müssen hier eine stereoskopische Auswertung (vgl. Abbildung 2) und Digitalisierung durchgeführt werden (vgl. Vaupel/Rößmann 2007: 35). Zusätzlich steht im Rahmen der Fernerkundung mit immer weiteren Kamera- und Satellitensensoren eine immer größere Bandbreite von Daten zur Verfügung. Neben Aufnahmen im sichtbaren Bereich ermöglichen Infrarotaufnahmen eine bessere Differenzierung der Vegetation. Aufnahmen aus dem thermalen Infrarot geben die Oberflächentemperatur wieder und werden für die Wärmeausbreitung in Städten oder den Wärmeverlust von Gebäuden eingesetzt. Die größte Bandbreite des elektromagnetischen Spektrums erfassen hyperspektrale Sensoren. Mit ihnen ist die Differenzierung von unterschiedlichsten Oberflächenmaterialien möglich.



**Abbildung 1:**  
GIS-Versiegelungskartierung

Quellen: Bildflug: RWE  
Power AG, © Stadt  
Telgte / Geobasis  
NRW, Vektordaten:  
EFTAS GmbH.

Um die Aufbereitung der Luftbilder zeitnaher und kostengünstiger zu gestalten, wird seit Jahren im Bereich der automatisierten Bildanalyse geforscht. Dabei wird zwischen Objekterkennung und Klassifikation unterschieden. Bei der Objekterken-

nung werden die Bilddaten nach definierten Formen durch den Computer abge-  
sucht und diese bei erfolgreicher Detektion als Einzelobjekte abgegrenzt. Ein Bei-  
spiel dafür ist die automatische Detektion von Blindgängern in Luftbildern aus  
dem Zweiten Weltkrieg (vgl. Lücke u.a. 2007: 496 f.). Die Klassifikation hingegen  
ist eine Methode, die auch flächendeckend angewandt werden kann. Je nach  
Fragestellung werden die Bildpixel nach spektralen, strukturellen und textuellen  
Merkmalen analysiert und einer entsprechenden Klasse wie z.B. „Straße“ oder  
„Wald“ zugeordnet. Mit dieser Methode ist eine flächenhafte Erfassung sehr  
schnell möglich, allerdings ist die manuelle Nacharbeit momentan für viele Fra-  
gestellungen im urbanen Bereich noch sehr aufwendig. Hier besteht weiterer For-  
schungsbedarf, um den Anwendungsbereich zu erweitern.

#### Abbildung 2:

Stereoskopische Digitalisie-  
rung am Bildschirm



Quelle: EFTAS GmbH.

An dieser Stelle knüpft das REFINA-Projekt „Entwicklung und Erprobung semiau-  
tomatischer und automatisierter Verfahren zur Erfassung und Bewertung von Sied-  
lungs- und Verkehrsflächen durch Fernerkundung und Technologietransfer“ der  
Firma EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH an. Erklärtes Ziel ist es,  
Methoden zu entwickeln und zu erproben, mit denen eine schnellere und damit  
kostenreduzierte Analyse von Bilddaten im städtischen Raum möglich ist. Im  
Gegensatz zu Siedlungsräumen sind Methoden im ländlichen Raum bereits wei-  
ter fortgeschritten, da dort die Flächen oft größer und homogener sind. Der Sied-  
lungsbereich besteht aus einem heterogenen Mosaik von versiegelten Flächen,  
Gebäuden, kleinen Gärten und zahlreichen anderen Strukturen. Diese Heteroge-  
nität erschwert oft eine großflächige, operationelle Klassifikation.

Ein weiterer Schwerpunkt dieses Projektes ist neben der Verbesserung der auto-  
matischen Bildanalyse die Untersuchung der entwickelten Methoden auf ihre  
Übertragbarkeit in andere Regionen mit anderen Bebauungstypen, anderen  
Sensoren oder anderen Zeitschnitten. Eine optimierte Übertragbarkeit der  
Methoden ermöglicht eine bessere und schnellere Auswertung von Bilddaten, so  
dass historische Zeitreihenanalysen erstellt werden können, aus denen Informa-  
tionen zur Altlastenproblematik und Bodenfunktion generierbar sind. Mit Blick in  
die Zukunft lassen sich anhand dieser Ansätze Informationen aus Fernerkun-  
dungsdaten für das Flächenmonitoring und die Prognoseerstellung zeitnah  
bereitstellen.



## Projektrahmen und Datengrundlagen

Um eine praxisorientierte Methodenentwicklung zu gewährleisten, wird im Projekt mit den Fachbereichen Städtebau sowie Grün und Umwelt der Stadt Osnabrück sowie der Fachhochschule Osnabrück zusammengearbeitet. Gemeinsam mit den Projektpartnern wurden geeignete Projektgebiete festgelegt, die durch ihre Lage unterschiedliche Bebauungstypen aufweisen.

Das am Stadtrand liegende 16 Quadratkilometer große Projektgebiet „Hafen“ ist charakterisiert durch die heterogene Zusammensetzung aus Gewerbe-, Wohn- und Kasernenflächen sowie eine landwirtschaftliche und freizeitorientierte Nutzung. Das Projektgebiet „Stadt“ umfasst mit seinen zehn Quadratkilometern hauptsächlich mehrstöckigen, zum Teil verschachtelten Wohnungsbau und den stark versiegelten Stadtkern. Zusätzlich kommen auch hier noch kleinere Gewerbeflächen hinzu.

Im Anschluss an die Testgebietsauswahl wurden die Wünsche der einzelnen Kooperationspartner an einen zu generierenden Datenbestand abgefragt und auf ihre Machbarkeit überprüft. Aus dieser Befragung resultieren dreizehn bei der Klassifikation erfasste Klassen (vgl. Übersicht 1).

### Übersicht 1:

Erfasste Objektklassen

|                      |                  |                                    |
|----------------------|------------------|------------------------------------|
| Gebäude              | Keine Vegetation | versiegelt                         |
| Asphalt              |                  |                                    |
| Betonplatten         |                  |                                    |
| Pflaster             |                  | teil-<br>versiegelt,<br>verdichtet |
| Kies-/Schotterfläche |                  |                                    |
| Sand-/Ascheffläche   |                  |                                    |
| Offener Boden, Erde  | Vegetation       | nicht<br>versiegelt                |
| Spärliche Vegetation |                  |                                    |
| Grasland             |                  |                                    |
| Hochstauden          |                  |                                    |
| Gebüsch, Hecke       |                  |                                    |
| Einzelbaum, Wald     |                  |                                    |
| Wasser               |                  |                                    |

Quelle: EFTAS GmbH.

Als Datengrundlage werden digitalisierte Luftbilder verwendet, die von der Stadt Osnabrück zur Verfügung gestellt wurden. Als aktuelle Daten liegen Echtfarbenluftbilder von 2005 mit einer Auflösung von 15 cm pro Pixel vor. Für die historische Zeitreihenanalyse gibt es für die Projektgebiete flächendeckende Aufnahmen aus dem Zeitraum von 1935 bis 2002. Es stehen in der Regel Schwarz-Weiß-Bilder zur Verfügung, ab 1986 liegen Echtfarbenbilder vor. Dieses unterschiedliche Bildmaterial ermöglicht die Untersuchung, welche der auf Farbaufnahmen entwickelten Methoden auch auf den Schwarz-Weiß-Bildern angewendet werden können. Für eine weitere Untersuchung der Übertragbarkeit wurden außerdem IKONOS-Satellitenbilder mit einer Auflösung von einem Meter pro Pixel aus dem Jahr 2008 geordert.

## Anwendung neuer Methoden der automatischen Analyse von Fernerkundungsdaten für eine schnellere und zeitnahe Generierung von Informationen

Innerhalb der automatischen Bildanalyse gibt es die Objekterkennung und die Bildklassifikation (siehe oben). Beide Verfahren weisen je nach Fragestellung unterschiedliche Vorteile auf. Mit der Objekterkennung können die Bilddaten nach in Modellvorlagen festgelegten Formen (z.B. kleine kreisförmige Flächen = potenzielle Blindgänger) automatisch abgesucht und die Objekte sehr genau abgegrenzt werden. Bei der Bildklassifikation erfolgt eine flächendeckende Zuordnung der Bildelemente anhand von spektralen, strukturellen und textuellen Analysen zu verschiedenen thematischen Klassen. Die Abgrenzung der Objekte weist aufgrund der Orientierung an den Bilddaten in der Regel einen geringen Abstraktionsgrad auf, allerdings ist die Differenzierung der Klassen dabei nicht immer ausreichend genau möglich. Ein typisches Beispiel ist die Trennung von Flachdächern und asphaltierten Plätzen, sie weisen die gleichen Farbwerte im Bild auf und können nur aufgrund ihrer Höhe voneinander separiert werden. Hierzu werden zusätzlich Digitale Gelände- und Oberflächenmodelle (DGM/DOM) verwendet, die im vorliegenden Projekt jedoch nicht für alle Zeitschnitte zur Verfügung stehen. Um die Unabhängigkeit von diesen Daten zu erhöhen und eine Verbesserung der Objektbegrenzung zu erwirken, werden bei der Methodenentwicklung beide Ansätze kombiniert. So werden Gebäude anhand typischer Strukturen und geometrischer Elemente durch die Objekterkennung abgegrenzt und in die flächenhafte Klassifikation integriert (vgl. Klink u.a. 2008: 446 f.). Eine Variante ist hier z.B. die Erkennung von Walmdächern über Kantenbilder (vgl. Abbildung 3). Dabei werden aus dem Kantenbild Polygone generiert, die nach dem Modell eines Walmdaches abgesucht werden. Wird ein Objekt erkannt, so werden aus der vorgefundenen Form die rechtwinkligen Umrisse des Daches konstruiert, so dass zum Teil nicht sichtbare Dachumrisse unter Baumkronen rekonstruiert werden können.

### Abbildung 3:

Ablauf der Objekterkennung zur Erfassung von Walmdachumrissen: Walmdach im Luftbild (außen links); Kantenbild (Mitte links); erkannter Walmdachstruktur (Mitte rechts); automatisch generierter Umriss (außen rechts)

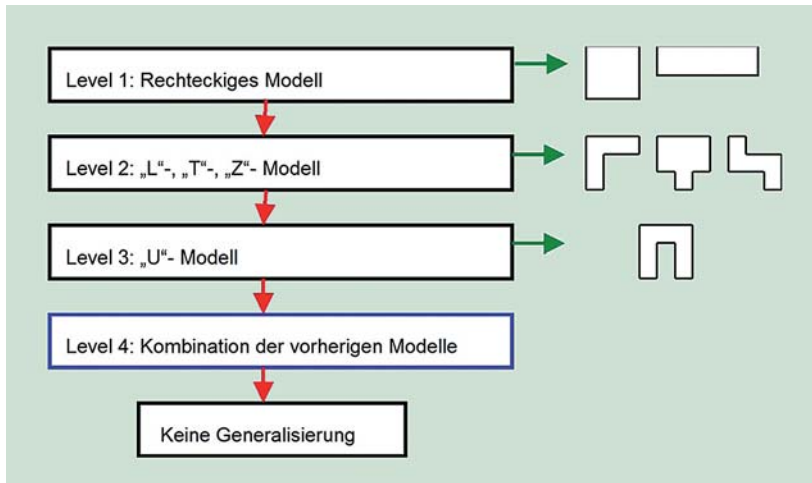


Quellen: Abbildung: EFTAS GmbH, Luftbilder: Stadt Osnabrück.

Ein weiteres wichtiges Projektziel ist die Reduzierung des manuellen Nachbearbeitungsaufwands. Dafür wurden diverse Methoden zur Generalisierung der am Bildraster orientierten Klassifikationsergebnisse getestet. Der Schwerpunkt bei der Generalisierung liegt auf den sog. Konstruktionsklassen wie Gebäuden oder Straßen, da diese aufgrund der Bautätigkeit des Menschen gerade Kanten als Grenzen aufweisen. Durch Verschneidung mit Referenz- und Geobasisdaten (z.B. Automatischen Liegenschaftskarten) können so Linien kontrolliert geglättet werden. Zusätzlich wurden die Gebäude mit einem sog. MBR-Ansatz (Minimum Bounding Rectangle = minimal umschließendes Rechteck) generalisiert. Dabei wird um jedes Gebäudepolygon ein MBR generiert und die Abweichung des Rechtecks zur Polygonlinie berechnet. Bei geringer Abweichung wird das Rechteck als



Gebäudeumriss verwendet, ansonsten werden komplexere Gebäudemodelle gebildet, mit dem Polygon verglichen und gegebenenfalls übernommen (vgl. Dutter 2007; Klink u.a. 2008). Die schematische Abfolge ist in Abbildung 4, ein Beispiel aus der Praxis in Abbildung 5 dargestellt.



**Abbildung 4:**

Schematische Darstellung des MBR-Ansatzes von Dutter (2007, schwarze Umrandung) mit der Erweiterung von EFTAS (blaue Umrandung)

Quelle: EFTAS GmbH.



**Abbildung 5:**

Gebäudeglättung mit Hilfe des MBR-Ansatzes (links: Abgrenzung nach der Klassifikation, rechts: Gebäudelinie nach Generalisierung mit MBR)

Quellen: Abbildung: EFTAS GmbH, Luftbilder: Stadt Osnabrück.

## Erfahrungen aus dem praxisbezogenen Einsatz in den Projektgebieten der Stadt Osnabrück

Die Methoden wurden zunächst im Projektgebiet „Hafen“ entwickelt und erprobt sowie anschließend auf das Projektgebiet „Stadt“ übertragen. Innerhalb der spektralen und textuellen Bildanalyse gibt es nur geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Bebauungstypen. Im Bereich der Generalisierung und automatischen Nachbearbeitung werden die jeweiligen Besonderheiten deutlicher. Vor allem im innerstädtischen Bereich mit dichter und verwinkelter Bauweise stößt der auf rechten Winkeln basierende MBR-Ansatz an seine Grenzen. Bei der Qualität der angewandten Methoden ist somit zwischen den verschiedenen Bebauungstypen deutlich zu differenzieren: Der Kernbereich der Stadt ist sehr viel schwieriger zu generalisieren, wodurch der Bedarf an manueller Nacharbeit steigt. In den Stadtrandlagen mit vielen einzelnen Gebäuden können die Generalisierung sowie die Objekterkennung deutlich bessere Ergebnisse generieren.

Bei der Übertragung auf Bilddaten von anderen Sensoren ist die Bildauflösung der entscheidende Faktor. Die Methode wurde aus Gründen des Datenvolumens auf Luftbildern mit einer geometrischen Auflösung von 0,3 m pro Pixel entwickelt. Die von den Landesvermessungsämtern in Zukunft zur Verfügung gestellten Standardluftbilder werden eine Auflösung von 0,2 m pro Pixel haben. Im Rahmen dieser geringen Differenzen spielt der Unterschied in der Auflösung kaum eine



Rolle. Bei der Verwendung von IKONOS-Satellitenbildern mit einer Auflösung von nur 1,0 m pro Pixel können jedoch bereits die in der hohen Bildauflösung angewendeten Texturanalysen nicht mehr eingesetzt werden. Bei den IKONOS-Bildern steht jedoch das nahe Infrarot als zusätzliche Spektralinformation zur Verfügung, welches aufgrund spezifischer Reflexionseigenschaften bei der Differenzierung von Vegetationsflächen und vegetationsfreien Bereichen deutliche Vorteile bietet.

Eine weitere Herausforderung ist die Übertragung der skizzierten Methoden auf Schwarz-Weiß-Bilder. Die zuvor verwendete spektrale Klassifikation kann bei diesen Bildern nicht greifen, da in den einkanaligen Bildern keine Differenzierung verschiedener Spektralkanäle möglich ist. Anhand von Helligkeits- und Texturparametern ist nur eine geringe Differenzierung einfacher Klassen möglich, die lediglich die Ableitung grober Trends in der Flächenentwicklung erlauben. Da die Objekterkennung (für Walmdächer und weitere Dachformen) jedoch im Gegensatz zur flächigen Klassifikation nicht auf spektralen, sondern auf geometrischen Charakteristika aufsetzt, kann sie auch bei den Schwarz-Weiß-Bildern angewandt werden.

### **Die Methoden im Kontext des Gesamtprojektes: Einsatz von Fernerkundungsdaten zum Monitoring der Flächenentwicklung**

Die für die Erreichung der in der Nachhaltigkeitsstrategie genannten Ziele verantwortlichen Akteure sind in erster Linie die Kommunen. Für die Reduzierung der zunehmenden Umwandlung von Freiflächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen und eine Bevorzugung der Innenentwicklung werden in der Planung aktuelle Daten, Entscheidungshilfen und Methoden zur Erstellung von Prognosen und für die Umsetzung eines nachhaltigen Flächenmonitorings benötigt. Mit dem hier vorgestellten Projekt wurden Methoden entwickelt und geprüft, mit denen aktuelle Daten schneller erstellt und den Akteuren günstiger zur Verfügung gestellt werden können. Diese Methoden ermöglichen es, kurzfristig aktuelle Daten zu einem beliebigen Zeitschnitt (Aufnahme des Luftbildes) zu erhalten. Mit jeder neuen Befliegung können neue Daten erzeugt werden, die eine deutlich höhere Aktualität als andere Datenbestände besitzen. Diese Fachdaten sind besonders wertvoll für das Flächenmonitoring, da es bisher nur wenige Daten gibt, mit denen ein ausreichend genaues Flächenmonitoring durchgeführt werden kann. In vielen Fällen beschränken sich die dazu notwendigen Informationen auf statistische Daten oder die Fortführung der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK), die allerdings beide nicht immer die erforderliche Aktualität aufweisen. Die automatische Bildanalyse ermöglicht eine sehr detaillierte und flexible Bearbeitung verschiedenster Frage- und Problemstellungen, die in den unterschiedlichen Planungsbereichen und -ebenen auftreten können. Durch eine entsprechende Aggregation und Generalisierung der Ergebnisse ist ein Monitoring auch auf Kreisebene vorstellbar.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist im Bereich der Innenentwicklung zu sehen. Mit der Klassifikation werden die Versiegelungsflächen erfasst, anhand derer durch eine Verknüpfung mit den Flurstücken und durch eine Verschneidung mit der im Bebauungsplan angegebenen Grundflächenzahl Aussagen zum Verdichtungs-

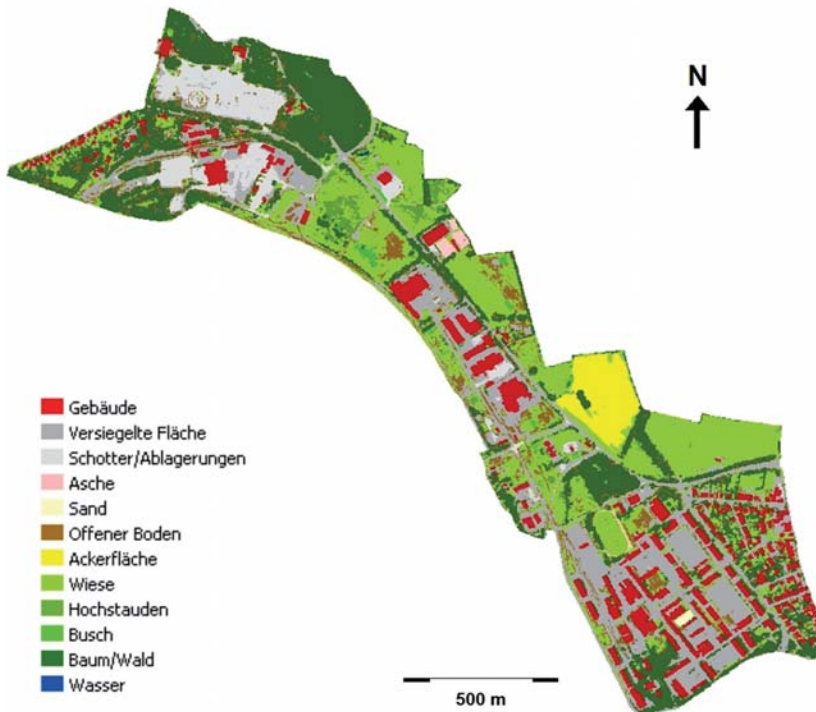




potenzial von Flächen generiert werden können. Im Vergleich mit älteren Versiegelungsdatenbeständen kann die Veränderung einzelner Flächen erkannt werden, so dass die automatische Bildanalyse eine Unterstützung in der Weiterführung von Brachflächenkatastern ist und auch als Beitrag für das Abwassersplitting herangezogen werden kann. Durch die Erstellung von Zeitreihen kann die Veränderung einzelner Flächen (wie z.B. die Sukzession von Brachflächen oder eine erste Beurteilung der Bodenverdichtung) analysiert werden.

## Schlussfolgerungen

In Abbildung 6 ist das Projektgebiet „Hafen“ zum Zeitpunkt 2005 als Ergebnis der automatischen Analyse dargestellt. Die Projektergebnisse zeigen, dass mit Hilfe spektraler, struktureller und textueller Informationen für die Stadtplanung und Bodenfunktionsbewertung wichtige Landbedeckungsklassen (teil-)automatisiert zu erfassen sind. Für die Differenzierung von versiegelten Flächen und Gebäuden sind in der Regel Höhendaten notwendig, jedoch lässt sich das Fehlen entsprechender Datensätze in Teilbereichen durch den Einsatz der Objekterkennung substituieren. Die Übertragbarkeit der Methoden auf andere Bilddaten ist im Hinblick auf historische Analysen für Brachflächen und für die Erstellung von Prognosen ein entscheidender Aspekt und bedarf noch weiterer Forschungsarbeit. So kann die erste Methode der Walmdächererkennung nicht nur auf Farbluftbilder, sondern auch auf historische Schwarz-Weiß-Luftbilder angewandt werden. Die Generalisierung mit dem MBR-Ansatz verringert die manuelle Nachbearbeitung der Daten, allerdings sind hier Unterschiede je nach Siedlungsstruktur erkennbar. Die hier vorgestellten Methoden sind ein weiterer Schritt zu einem



**Abbildung 6:**

Ergebnis der automatischen Analyse der Luftbilder von 2005 (Projektgebiet „Hafen“)

verbesserten Flächenmonitoring mittels Fernerkundung; neue versiegelte Flächen können automatisiert erfasst werden, so dass das systematische Absuchen der Bilddaten am Bildschirm gegebenenfalls entfällt bzw. stark verringert wird. In städtischen Randlagen ist je nach Genauigkeitsanforderung eine direkte Integration der Ergebnisse in einen bestehenden Datenbestand oder eine Neuerfassung möglich.

Insbesondere die automatisierte Erfassung und Generalisierung von Gebäuden sowie die Versiegelungserfassung weisen als Entwicklungsschwerpunkte eine hohe Praxisrelevanz auf; eine Folgenutzung der entwickelten Methoden für die Änderungsdetektion von Gebäude- und Versiegelungsdatensätzen wird derzeit mit mehreren Kommunen für den großflächigen Einsatz evaluiert und umgesetzt.

### Literatur

- Dutter, Marieke* (2007): Generalization of Building Footprints Derived from High Resolution Remote Sensing Data (Technische Universität Wien, Diplomarbeit).
- Klink, Adrian, Claudia Lücke, Andreas Völker, Silke Höke und Markus Rolf* (2008): Semiautomatische Luftbildauswertung zur Erfassung von Siedlungs- und Verkehrsflächen als Unterstützung des nachhaltigen Flächenmanagements, in: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, Heft 5, S. 441–451.
- Lücke, Claudia, Carsten Cruse und Andreas Müterthies* (2007): Entwicklung und operationelle Anwendung der halbautomatischen Krieglufbildanalyse zur Detektion von Blindgängern, in: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, Heft 7, S. 495–502.
- Vaupel, Wolfgang, und Heiner Rößmann* (2008): Siedlungswasserwirtschaftliche Management- und Planungsunterlagen erhalten mehr Sicherheit durch photogrammetrische Methoden, in: Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation, Heft 5, S. 431–440.

### Autorin und Autoren



*Claudia Hagedorn* (geb. Lücke), Dipl.-Geogr., geb. 1975, Studium der Geographie, GIS, Abfallwirtschaft, Geologie und Botanik in Stuttgart, Studium der Landschafts- und Pflanzenökologie in Hohenheim, nach Tätigkeit bei der Bezirksstelle für Naturschutz und Landschaftspflege Stuttgart und der Abfall- und Wertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg seit 2001 Projektleiterin bei der EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH in Münster;  
E-Mail: [claudia.hagedorn@eftas.com](mailto:claudia.hagedorn@eftas.com)



*Adrian Klink*, Dipl.-Ing. (FH), geb. 1976, Ausbildung zum Kommunikationselektroniker bei Bosch Telenorma, Studium der Informationstechnik (Informationsverarbeitung) an der FH Bielefeld, nach Tätigkeit bei der Medion AG seit 2006 Studium der Technischen Betriebswirtschaft an der FH Bielefeld, seit 2007 Anwendungsentwickler bei der EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH;

E-Mail: [adrian.klink@eftas.com](mailto:adrian.klink@eftas.com)



*Andreas Völker*, Dipl.-Landschaftsökologe, geb. 1978, Studium der Landschaftsökologie und Angewandten Geoinformatik an der Universität Münster, seit 2005 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, seit 2005 Doktorand am Institut für Landschaftsökologie (Universität Münster) mit Arbeiten zur automatisierten Erfassung von Landschaftselementen für das Kulturlandschaftsmonitoring;

E-Mail: [andreas.voelker@eftas.com](mailto:andreas.voelker@eftas.com)



*Andreas Mütterthies*, Dr. rer. nat., Dipl.-Geogr., geb. 1970, Studium der Geographie, Geologie und Botanik sowie Promotion in Landschaftsökologie, Botanik und Geographie an der Universität Münster, nach Mitarbeit in der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft in Birmensdorf (CH) seit 1998 Lehrbeauftragter im Fachbereich Geowissenschaften der Universität Münster, seit 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Beauftragter für Forschung und Entwicklung;

E-Mail: [andreas.mueterthies@eftas.com](mailto:andreas.mueterthies@eftas.com)

## Innovative Kommunikationsinfrastrukturen zur Integration und Bereitstellung von verteilten und heterogenen Flächeninformationen

Lutz Ross, Jürgen Döllner und Birgit Kleinschmit

### REFINA-Forschungsvorhaben: Flächeninformationssysteme auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle – REFINA3D

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Projektleitung:</b>      | Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam, Computergrafische Systeme/SNB   |
| <b>Verbundpartner:</b>      | Technische Universität Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Fachgebiet Geoinformationsverarbeitung in der Landschafts- und Umweltplanung; 3D Geo GmbH   |
| <b>Kooperationspartner:</b> | Landeshauptstadt Potsdam, Stadtentwicklung – Verkehrsentwicklung; Berlin Partner GmbH; Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Frauen Berlin; Landesamt für Geobasisinformation Potsdam; Stiftung Preußischer Gärten und Schlösser Potsdam, Berlin |
| <b>Modellräume:</b>         | Potsdam, Berlin   |
| <b>Projektlaufzeit:</b>     | 01.06.2007 bis 31.05.2009   |
| <b>Projektwebsite:</b>      | <a href="http://www.refina3d.de">www.refina3d.de</a>  |

### 1. Das Vorhaben REFINA3D

Das Ziel im Förderschwerpunkt REFINA, die Entwicklung von Konzepten, Methoden und Instrumenten für ein nachhaltiges Flächenmanagement, erfordert im Allgemeinen die integrierte Betrachtung und Bewertung von verteilten raumbezogenen Fachinformationen (z.B. Altlastenkataster, Schutzgebiete, Biotopflächeninformationssysteme, Denkmalschutzdaten) und Geobasisdaten (z.B. Automatisierte Liegenschaftskarte). Zugleich ist es vor dem Hintergrund einer verstärkten Partizipation und Kooperation von privaten, öffentlichen und wirtschaftlichen Akteuren im Flächenmanagement nötig, diese Daten in einer leicht verständlichen und intuitiv erfassbaren Form aufzubereiten, vorzuhalten und zugänglich zu machen. Im Vorhaben REFINA3D wird dies durch die Integration heterogener und verteilter raumbezogener Informationen und deren visuelle Darstellung innerhalb eines virtuellen Stadtraumes erreicht. Grundlage dieser Methode sind digitale Fernerkundungstechnologien und Auswertungsmethoden, die die automatisierte Prozessierung komplexer virtueller 3D-Stadtmodelle und damit eine realitätsnahe Abbildung der vorhandenen Stadtstruktur ermöglichen.

Um Geobasis- und Geofachdaten erweiterte 3D-Stadtmodelle eröffnen neuartige Wege zur Kommunikation von Flächeninformationen im Kontext der Stadt- und Umweltplanung, Bauleitplanung, Wirtschaftsförderung und Standortentwicklung, indem sie als Medium zur räumlich-integrierten Darstellung verwendet werden. Die Potenziale dieser noch jungen Techniken zu erschließen und zu erforschen, ist Ziel des REFINA-Vorhabens „Flächeninformationssysteme auf Basis virtueller



3D-Stadtmodelle“ – REFINA3D. Dazu wurden in enger Kooperation mit den Modellkommunen Potsdam und Berlin systematisch die Anforderungen an virtuelle 3D-Stadtmodelle im kommunalen Flächenmanagement untersucht und exemplarische Systemlösungen entwickelt. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die Frage, welche Mehrwerte virtuelle 3D-Stadtmodelle für die Kommunikation von Flächeninformationen im Vergleich zu anderen Lösungen bieten und wie diese zu erschließen sind.

## 2. Konzeption von 3D-Flächeninformationssystemen

Die Konzeption der exemplarischen 3D-Flächeninformationssysteme erfolgte in enger Kooperation mit den beteiligten Modellkommunen und weiteren lokalen Akteuren. In der Stadt Potsdam wurde dabei ein besonderes Nutzungsinteresse seitens des Geschäftsbereiches Stadtentwicklung und Bauen identifiziert, während in Berlin insbesondere die Wirtschaftsförderung Interesse an der Nutzung des Mediums 3D-Stadtmodell zeigt. Dadurch konnten im Projekt zwei wichtige Themenfelder des kommunalen Flächenmanagements betrachtet werden.

### 2.1 Projektbeispiel Stadtentwicklung und Bauen

Ein offensichtlicher Unterschied dreidimensionaler Darstellungen zu klassischen GIS-Lösungen und analogen Plänen liegt darin, Baukonzepte und Planungsvarianten im Rahmen von Bürgerbeteiligungen, in politischen Gremien und in verwaltungsinternen Abstimmungsprozessen, aber auch schon bei der Entwicklung und Abstimmung von Entwürfen zwischen Investoren und Verwaltung in einer intuitiv wahrnehmbaren Form kommunizieren zu können. Virtuelle 3D-Stadtmodelle bieten aber nicht nur die Möglichkeit einer dreidimensionalen Repräsentation geplanter Vorhaben, sondern erlauben es, diese interaktiv aus unterschiedlichen Perspektiven zu explorieren und alphanumerische oder multimediale Zusatzdaten, die den Visualisierungsobjekten zugeordnet sind, abzufragen. Zugleich können raumbezogene Fachinformationen aus dem kommunalen Geoinformationsbestand in das 3D-Stadtmodell integriert werden, wodurch der Informationsgehalt weiter gesteigert werden kann.

In der Konzeptionsphase wurden deshalb gemeinsam mit der Stadt Potsdam zentrale, für das Flächenmanagement relevante Planungen im Modellgebiet identifiziert und die verfügbaren Daten zusammengestellt. Übersicht 1 gibt einen Überblick über die identifizierten Pläne.

| Planart                            | Planwerke  |
|------------------------------------|--|
| Informelle Planungen               | Masterplan Speicherstadt, Masterplan Reichsbahnausbesserungswerk, Gestaltplan Alter Markt                              |
| Bebauungspläne                     | B-Plan 37A, B-Plan 37B, B-Plan 1 (Vorentwurf), B-Plan 103 (Vorentwurf), B-Plan SAN P10, B-Plan SAN P13                 |
| Flächennutzungsplan                | Rechtsgültiger Flächennutzungsplan   |
| Pläne aus Baugenehmigungsverfahren | „Wohnbebauung an der Babelsberger Straße“, „Wohnbebauung auf dem Gelände des ehemaligen Reichsbahnausbesserungswerkes“ |

#### Übersicht 1:

Übersicht der bearbeiteten Pläne im Modellgebiet Potsdam-Stadtmitte

Quelle: Eigene Darstellung.

Über die Nutzung als Medium zur Präsentation und visuellen Kommunikation von Plänen und heterogenen Fachinformationen hinausgehend wurden exemplarische Fachfunktionen identifiziert, mit deren Hilfe neue Erkenntnisse und Informationen direkt aus der dreidimensionalen Struktur abgeleitet werden können. Die Grundidee ist dabei, die geometrischen und semantischen Eigenschaften der abgebildeten 3D-Objekte zur Raumanalyse zu nutzen, indem ausgehend von einem selektierten Objekt dessen Umgebung mit Hilfe eines virtuellen Semantischen Radars erkundet wird. So lassen sich Aussagen über den Abstand von Gebäuden zueinander oder den Anteil von sichtbarem Stadtgrün erstmalig flächendeckend und objektpräzise algorithmisch ermitteln, welche zur Bewertung und zum Vergleich von Standortqualitäten genutzt werden können.

## 2.2 Wirtschaftsförderung und Standortentwicklung

In dem Bereich Wirtschaftsförderung und Standortentwicklung wurden insbesondere zwei Nutzungskonzepte identifiziert. Einerseits können freie Gewerbeflächen und Potenzialflächen im virtuellen 3D-Stadtraum verortet und interaktiv angesteuert werden und andererseits lassen sich Standorte von Unternehmen, Wissenschaftseinrichtungen, ÖPNV-Anbindungen und andere Umfeldinformationen gezielt abrufen. Somit können virtuelle 3D-Stadtmodelle einen intuitiven Zugang zu Standortinformationen bieten. Ein entsprechendes System wird im Business Location Center des Landes Berlin seit 2006 erfolgreich im operativen Betrieb eingesetzt. Im Vorhaben wurde deshalb auch der Schwerpunkt auf die zusätzliche Integration von (umwelt-)planerischen Fachinformationen (z.B. Bewertungskarten zu den Schutzgütern nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung [UVP], Denkmalschutzkarte, Biotoptypenkarten, Schutzgebietskarte u.a.m.) gelegt, die über die bisherige Nutzung hinaus eine Einschätzung potenzieller Hemmnisse und Anforderungen bei der Aktivierung von Flächenpotenzialen ermöglichen. Zudem wird anhand des Modellgebietes Oberschöneweide in Berlin untersucht, wie sich Straßenplanungen, im Gegensatz zu Hochbauvorhaben, als 3D-Objekte in virtuelle 3D-Stadtmodelle einbinden lassen.

## 3. Umsetzung von exemplarischen 3D-Flächeninformationssystemen

Die Umsetzung von beispielhaften 3D-Flächeninformationssystemen erfordert insbesondere die Bereitstellung virtueller 3D-Stadtmodelle für die Beispielregionen, die Integration von Plänen und Geofachdaten sowie die Bereitstellung und Nutzbarmachung der Ergebnisse in den Kommunen. Wie bereits eingangs erwähnt, können virtuelle 3D-Stadtmodelle mit Hilfe moderner Fernerkundungssensoren und Auswertungsalgorithmen heutzutage effizient erfasst und modelliert werden. So bietet die Kombination von 3D-Punktwolken aus LiDAR-Daten oder stereoskopischen Luftbildauswertungen mit Gebäudegrundrissen aus der Automatisierten Liegenschaftskarte einen Ansatz, mit dem sich lagegenaue 3D-Stadtmodelle mit einer Höhengenaugigkeit im niedrigen Dezimeterbereich und detaillierten Dachstrukturen erstellen lassen. Diese Genauigkeit entspricht einer Detailstufe, die nach dem internationalen Standard CityGML (vgl. Gröger u.a. 2008) für 3D-Stadt-





modelle Level-of-Detail 2 (LOD 2) genannt wird. Für Potsdam und für Berlin wurden entsprechende Modelle bei einem externen Dienstleister in Auftrag gegeben. Ergänzend wurden für stadtbildprägende Gebäude detaillierte und texturierte Modelle (so genannte LOD 3-Modelle) erstellt, die die Orientierung im virtuellen Stadtraum unterstützen. Die wesentliche Forschungs- und Entwicklungstätigkeit konzentrierte sich somit auf die Themenfelder Integration von raumbezogenen Fachinformationen und Nutzung des Systems in Prozessen des Flächenmanagements.

### Übersicht 2:

Integrationsmöglichkeiten für unterschiedliche raumbezogene Informationen

## 3.1 Integration von raumbezogenen Informationen

Quelle: Eigene Darstellung.

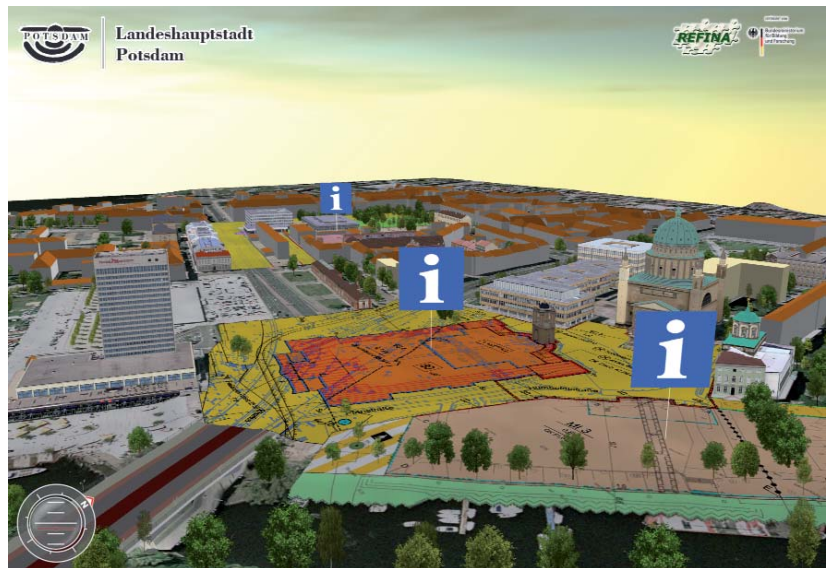
| Integration als       | Anzuwenden auf                                | Anmerkungen  |
|-----------------------|---|--|
| Geotextur             | Geovektordaten                                | ■ Direkte Integration von Fachdaten (Altlastenkataster, Schutzgebiete, Flurstücke) als Kartenlayer   |
|                       | Georasterdaten                                | ■ Die Integration von Vektordaten erlaubt den direkten Zugriff auf die gespeicherten Fachdaten   |
|                       | Bebauungspläne                                | ■ Pläne, insbesondere Altpläne, erfordern z.T. umfangreiche Datenaufbereitung (z.B. scannen, georeferenzieren, maskieren, rastern), um sie als Geländetextur einzubinden   |
|                       | Städtebauliche Masterpläne                    |  |
|                       | Lagepläne aus Baugenehmigungsverfahren        |  |
| Label/Symbole         | Geovektordaten (Punkte)                       | ■ Fachinformationen können als Textlabel oder Symbole eingebunden werden (z.B. Baumkataster als Baumsymbole)   |
|                       | Points of Interest                            | ■ 3D-Stadtobjekte oder Flächen können durch manuelle Platzierung von Labels/Symbolen oder mittels vorprozessierter Punktdaten hervorgehoben und erläutert werden<br>■ Label können Aktionen (s.u.) beinhalten  |
| 3D-Objekte            | Gebäudemassenkonzepte (LOD 1)                 | ■ Georeferenzierte und attributierte Gebäudemassenkonzepte werden durch Extrusion als 3D-Blockmodelle dargestellt<br>■ Grundlagen mussten zunächst umfangreich vorprozessiert werden (Digitalisierung, Attributierung)   |
|                       | 3D-Baufelder aus Bebauungsplänen (LOD 1)      | ■ Grundlagen mussten zunächst umfangreich vorprozessiert werden (Digitalisierung, Attributierung)  |
|                       | 3D-Modelle (LOD 2, LOD 3, LOD 4)              | ■ Direkte Integration von CAD-basierten 3D-Modellen<br>■ Zur Platzierung werden Positionierungs-, Skalierungs- und Rotationsparameter benötigt<br>■ Auf alle Planungsebenen anwendbar<br>■ Grundlagen mussten zunächst umfangreich vorprozessiert werden (Digitalisierung, Attributierung)                               |
|                       | Semantische 3D-Planrepräsentationen (CityGML) | ■ Sie erlauben die Erstellung von Flächenreports und die Berechnung von Flächennutzungsindikatoren (bebaute Fläche, Freifläche, Straßenverkehrsfläche, Bruttogeschossfläche)<br>■ Integration durch Triangulation und Transformation von polygonalen Flächeninformationen mit spezifizierten Attributen                  |
|                       | Sichtachsen                                   | ■ Sichtachsen können durch im Raum liegende Flächen illustriert werden   |
| Legende/Wasserzeichen | Planlegenden                                  | ■ Planlegenden und Logos werden in das Visualisierungsinterface als Bilder eingebunden<br>■ Lesbarkeit großer Legendengrößen abhängig von der Größe und Bildschirmauflösung des Präsentationssystems   |
|                       | Logos   |  |
|                       | Zusatzinformationen                           |  |
| Aktion                | Einbindung externer Ressourcen                | ■ 3D-Objekte und Label/Symbole können durch Aktionen mit weiteren digitalen Ressourcen verknüpft werden (z.B. Verknüpfung eines Labels mit einer Datenbankanfrage oder einem Webportal)<br>■ Aktionen bieten ein großes Potenzial zur Verknüpfung von visuellem Medium mit Fachdatenanwendungen und Informationsportalen |

Der Bereich Datenintegration stellte den methodischen Schwerpunkt im Vorhaben dar, weil er die Grundlage für die Nutzbarmachung der Prototypen im kommunalen Flächenmanagement bildet. Übersicht 2 gibt einen Überblick über die verwendeten Integrationsmethoden, ihre Anwendungsbereiche sowie Anmerkungen zur Methodik; eine ausführlichere Darstellung der Datenaufbereitung wird in Ross u.a. (2009a) vorgestellt.

Mit den verfügbaren Methoden können heterogene Informationen des Flächenmanagements in virtuelle 3D-Stadtmodelle integriert werden, so dass beispielgebende 3D-Flächeninformationssysteme entwickelt werden konnten, wie die Abbildungen 1 bis 4 verdeutlichen. Die technische Umsetzung und Nutzung erfolgte dabei auf der Basis des kommerziellen 3D-Geovisualisierungssystems Autodesk LandXplorer Professional 2009 in Kombination mit Google SketchUp und ESRI ArcGIS.

#### Abbildung 1:

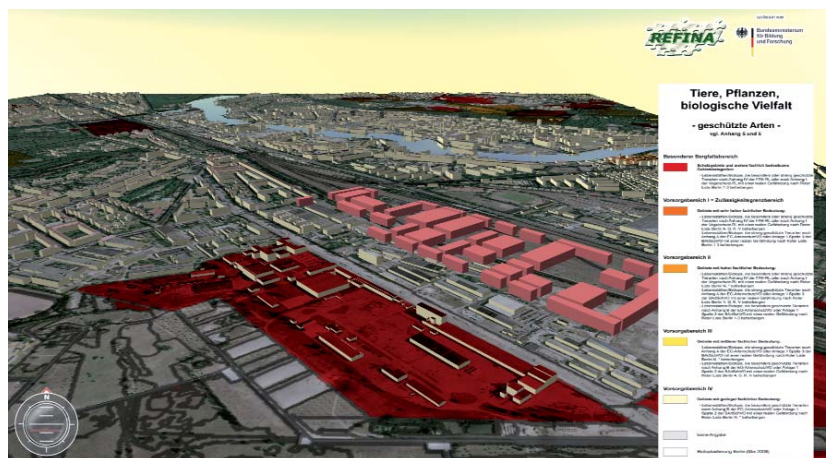
Darstellung von Bebauungsplänen in der Potsdamer Stadtmitte als Geländetextur



Quelle: Technische Universität Berlin/Hasso-Plattner-Institut Potsdam.

#### Abbildung 2:

Kombination des Berliner Stadtmodells mit Teilen des Konzeptes für den Planraum Südost (rote Blockgebäude) und Planungshinweisen zum Themenkomplex Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt



Quelle: Technische Universität Berlin/Hasso-Plattner-Institut Potsdam.

**Abbildung 3:**

Sichtstrahl von der Langen Brücke zum Turm des Persius-speichers zur Analyse der Verträglichkeit des Masterplanes Speicherstadt mit den Anforderungen des Denkmalschutzes

Quelle: Technische Universität Berlin/Hasso-Plattner-Institut Potsdam.

**Abbildung 4:**

Integrierte Darstellung von geschützten Biotopen, Landschaftsschutzgebieten, Wasserschutzgebieten und Flächen des Altlastenkatasters im Potsdamer Stadtmodell

Quelle: Technische Universität Berlin/Hasso-Plattner-Institut Potsdam.

### 3.2 Bereitstellung der Integrationsergebnisse

Zur Bereitstellung der Integrationsergebnisse und zur Nutzbarmachung im Flächenmanagement können die 3D-Flächeninformationssysteme direkt oder daraus abgeleitete Medienprodukte genutzt werden. Dies ermöglicht es, in Arbeitssitzungen konkrete flächenbezogene Projekte interaktiv zu explorieren und zu editieren, so dass beispielsweise verschiedene Varianten interaktiv verglichen, Höhenkonzepte überprüft und verändert oder zusätzlich georeferenzierte Informationen eingebunden werden können. Dies kann Abstimmungsprozesse innerhalb der Kommune, aber auch zwischen Kommune und Projektentwicklern oder Planern unterstützen.

Zugleich können aber auch Medienprodukte wie Bilder, Animationen oder 3D-Atlanten erzeugt werden, um zielgruppenspezifische Informationen visuell zu kommunizieren. Weitere Optionen sind der Export der aufbereiteten Stadtmodell Daten nach Google Earth, wodurch ein weit verbreiteter, leistungsfähiger und internetba-

sierter Geodatenviewer genutzt werden kann, sowie die Bereitstellung der 3D-Flächeninformationen mittels eines im Vorhaben entwickelten Web Perspective View Services (WPVS). Der WPVS erlaubt es, das 3D-Flächeninformationssystem auf einem Server vorzuhalten und mittels eines internetbasierten Clienten darauf zuzugreifen. Bei diesem Verfahren erfolgt die Bildberechnung serverseitig, und nur das berechnete Bild wird zum Nutzer übermittelt. Dadurch verbleiben die Ausgangsdaten beim Besitzer, und Datenrechte können umfänglich gesichert werden.

### 3.3 Erfahrungen der Umsetzung

Die Erfahrungen im Verlauf der Projektlaufzeit hinsichtlich der Integration verteilter und heterogener raumbezogener Informationen in die Prototypen sowie der technischen Bereitstellung sind sehr vielfältig. Einerseits konnten viele Informationen direkt oder mit geringem Prozessierungsaufwand integriert werden, andererseits waren insbesondere Plandaten nicht direkt integrationsfähig oder einzelne Datensätze nicht verfügbar, schlecht dokumentiert oder fehlerhaft. Die wesentlichen Erfahrungen werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

- **Qualität der Plandaten:** Pläne lagen in den meisten Fällen innerhalb der Stadt nur als PDF-Dokumente vor, so dass umfangreiche Vorarbeiten (Extraktion, Georeferenzierung, Maskierung, Digitalisierung) nötig sind. Pläne, die als Vektordaten zur Verfügung standen, waren in der Regel nicht georeferenziert und enthielten regelmäßig nicht geschlossene Polygone. Plandaten wie beispielsweise Geschosshöhe, Traufhöhe oder Basishöhe von Gebäuden sind nur als grafische Elemente enthalten und nicht direkt den Vektorobjekten zugeordnet.
- **Qualität der Geoinformationen:** Die Qualität der einbezogenen Geoinformationen war in der Regel gut. Vereinzelt wurden aber auch hier Probleme entdeckt wie beispielsweise topologische und semantische Fehler oder auch veraltete Daten. Zudem sind Geofachdaten oft nur bei den jeweiligen Fachbehörden vorhanden, und die Datenbeschaffung erwies sich in einzelnen Fällen als sehr aufwendig.
- **Arbeitsaufwand:** Der Integrationsaufwand ist direkt abhängig von der Qualität der verwendeten Daten. Insbesondere die Konvertierung und die Einbindung von Plänen erwiesen sich als sehr aufwendig. Diese Erfahrung hat in der Stadt Potsdam dazu geführt, dass Pläne der Bauleitplanung und Masterpläne zukünftig in georeferenzierter Form abzugeben sind, wodurch zumindest die Einbindung als Geotextur wesentlich vereinfacht wird. Zudem wird diskutiert, ob bei städtebaulichen Wettbewerben zukünftig auch digitale 3D-Modelle der Pläne eingefordert werden.
- **Datenmanagement:** Die Integration verschiedenster Pläne und Planversionen in die prototypischen 3D-Flächeninformationssysteme führt bei einer dateisystembasierten Datenorganisation innerhalb kurzer Zeit zu einer unübersichtlichen Struktur. Deshalb wird die Datenverwaltung für die zukünftige Weiternutzung auf eine 3D-Geodatenbank (vgl. IGG 2009) umgestellt, die Funktionen zur Speicherung und Verwaltung der Stadtmodelldaten und Planungsversionen bietet.
- **Automatisierung:** Im Laufe des Projektes wurde deutlich, dass sowohl die Zeit als auch das Fachwissen innerhalb der Kommunen eng begrenzt sind. Deshalb wurden im zweiten Projektjahr verstärkt Möglichkeiten zur Automatisierung der





Integration von Fachinformationen und im Speziellen von Plänen untersucht. Auf Basis der 3D-Geodatenbank des IGG und einer serverseitigen Java-Applikation sollen in Zukunft Masterpläne automatisiert in das System integriert werden können.

- **Kosten:** Die Kosten für die Erstellung von 3D-Stadtmodellen als Basisdatensatz für die Realisierung von 3D-Flächeninformationssystemen sind in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken. Dennoch sind die Kosten für ein flächendeckendes Modell in vielen kommunalen Haushalten schwer durchzusetzen. Zugleich kostet auch der Unterhalt eines solchen Modells. Deshalb ist einerseits eine intensive Überzeugungsarbeit nötig, andererseits müssen vor allem Anwendungen und Geschäftsprozesse gefunden werden, die einen langfristigen Mehrwert darstellen.
- **Pflege und Verstetigung:** Eine zentrale Frage für die langfristig erfolgreiche Nutzung eines 3D-Stadtmodells sind Konzepte zur Pflege der 3D-Datenbasis und die Verstetigung von deren Nutzung in konkreten Anwendungen. Für den Bereich der Stadtplanung und Bauleitplanung wurde hierzu im Projekt ein Konzept erarbeitet, welches die Bereitstellung von Stadtmodelldaten für Planer sowie die Registrierung und die Einspielung von Planungen und den Austausch von Planinformationen mit Hilfe eines Internetportals organisiert (vgl. Ross u.a. 2009b).
- **Synergien:** Durch die Vielzahl der einbezogenen Akteure im Projektverlauf wurde deutlich, dass bei der Nutzung eines 3D-Stadtmodells im Flächenmanagement vielfältige Synergien entstehen können. So ist der Einsatz eines 3D-Stadtmodells nicht nur für konkrete Planungsprozesse hilfreich; er ist auch in der Wirtschaftsförderung und im Stadtmarketing, als Touristeninformationssystem oder als Ausgangsdatensatz für die Berechnung von Potenzialflächen für die Nutzung der Sonnenenergie möglich.

## 4. Nutzung der prototypischen Flächeninformationssysteme

In der Stadt Potsdam wurde das prototypische Flächeninformationssystem in unterschiedlichen Anwendungsszenarien genutzt. Zum einen wurde das System im Bauausschuss und in vorbereitenden Arbeitssitzungen eingesetzt, zum anderen liegt der erarbeitete Datenbestand seit Anfang 2009 direkt in der Kommune vor, und das System wird dort getestet. Parallel dazu werden mit unterschiedlichen Abteilungen der Stadtverwaltung Gespräche über eine Verstetigung und Ausweitung des Modellprojektes geführt. Insbesondere der Geschäftsbereich Stadtentwicklung und Bauen sieht in dem Konzept eine Möglichkeit, die vielfältigen Planungen im Innenstadtbereich zu koordinieren, aber auch um die Reaktivierung und Vermarktung von militärischen Liegenschaften zu unterstützen. Eine besondere Rolle spielt dabei die Tatsache, dass in Potsdam viele historische Sichtachsen und Denkmalensembles existieren, die bei anstehenden Planungen umfassend berücksichtigt werden müssen.

In Berlin ist es im Laufe der Projektlaufzeit zu einer Verstetigung durch die Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und Frauen gekommen. Ausgehend von einem ersten Modell der Innenstadt, das 2005 erstellt wurde, erfolgte unabhängig von dem Vorhaben REFINA3D ein weiterer Ausbau des amtlichen Berliner 3D-Stadtmodells, der bis 2007 Ostberlin und 2009 das gesamte Stadtgebiet

umfasst. Das Berliner 3D-Stadtmodell wird insbesondere in der Wirtschaftsförderung und im Standortmarketing eingesetzt. Dazu wurde im Business Location Center des Landes Berlin ein „Showroom“ eingerichtet, der ein leistungsfähiges Präsentationssystem enthält. Das Stadtmodell ist mit der Berliner Gewerbeflächendatenbank vernetzt und enthält umfassende Standortinformationen, wie Adressen, Unternehmenssitze, ÖPNV-Anbindungen, topografische Kartenwerke, wissenschaftliche und kulturelle Einrichtungen. Durch diese parallele Entwicklung, die zu einem operativen System führte, konzentrierte sich die Nutzung der in REFINA3D entwickelten Prototypen vorrangig auf die Stadt Potsdam und in Berlin auf interne Arbeitssitzungen mit lokalen Akteuren sowie der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Ziel ist es, die bestehende Informationsinfrastruktur, die bisher überwiegend in der Standortvermarktung eingesetzt wird, für strategische städtebauliche Planungen sowie für die Identifikation und Kommunikation von Nutzungskonflikten und Konflikten mit den Schutzgütern des Umwelt- und Naturschutzes nutzbar zu machen.

## 5. Schlussfolgerungen und Übertragbarkeit

Virtuelle 3D-Stadtmodelle bieten als Integrationsplattform für heterogene und verteilte raumbezogene Informationen im Flächenmanagement ein enormes Potenzial sowohl in der internen Kommunikation innerhalb der Verwaltung als auch in der Kommunikation zwischen Verwaltung und Wirtschaft (Government to Business – G2B) und Verwaltung und Bürgern (Government to Citizens – G2C). Die grundlegenden technischen Voraussetzungen zur Nutzbarmachung des Potenzials, insbesondere Techniken und Methoden zur Erfassung, Prozessierung und Speicherung von 3D-Geodaten und der Integration von Zusatzdaten, sind gegeben. Dieser Trend ist auch daran zu erkennen, dass virtuelle 3D-Stadtmodelle bereits in vielen größeren Städten (unter anderem Berlin, Hamburg, München, Köln, Stuttgart, Dresden, Leipzig) verfügbar sind sowie teilweise für ganze Regionen (vgl. [www.ruhr3.de](http://www.ruhr3.de)) aufgebaut werden.

Das zentrale Hemmnis zur breiten und kontinuierlichen Nutzung stellt aktuell insbesondere das Fehlen von Nutzungskonzepten und Geschäftsprozessen dar, die eine enge Einbindung der Technik in die kommunale IT-Infrastruktur und die Verzahnung mit bestehenden kommunalen Geodaten und Prozessen im Flächenmanagement erreichen. Damit einher geht oftmals das Fehlen finanzieller Ressourcen zum Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur sowie zur Schulung und Fortbildung der Mitarbeiterschaft. Zudem wird der Mehrwert solcher Systeme immer wieder von Einzelnen in der Verwaltung angezweifelt. Gründe dafür könnten eine generelle Ablehnung neuer Techniken, Angst vor Veränderungen in den Verwaltungsstrukturen oder ein vermuteter Kontrollverlust sein. Zur Überwindung dieser Hemmnisse sind eine transparente Arbeitsweise, die Evaluierung und Qualitätssicherung der genutzten 3D-Daten und die frühzeitige Einbeziehung der lokalen Nutzerschaft nötig.

Davon abgesehen bietet die Technik sehr große Potenziale für die Unterstützung der Kommunikation in Arbeitstreffen von Planungsakteuren, für die 3D-Raumanalyse und zur Bereitstellung von Flächeninformationen. Damit steht ein innovatives Werkzeug zur Unterstützung von Flächenmanagementprozessen bereit, welches für sich genommen zwar keine direkt messbaren Flächeneinsparungen generiert, aber Management- und Kommunikationskonzepte unterstützen kann.





## 6. Handlungsempfehlungen

Technik und Konzepte zur Nutzung von 3D-Stadtmodellen sind nach wie vor jung, und es können unseres Erachtens keine abschließenden Handlungsempfehlungen zu Aufbau und Einsatz von 3D-Stadtmodellen gegeben werden. Dennoch lassen sich ein paar zentrale Punkte festhalten.

- **Einbeziehung und Verlinkung der ALK:** Da die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) in der Regel die Grundlage für eine ganze Reihe von kommunalen Informationssystemen ist, empfiehlt es sich, die Gebäudegrundrisse in die Stadtmodellmodellierung einzubeziehen und über die ALK-Objektidentifikation eine Relation zwischen Stadtmodell und ALK zu etablieren. Zugleich bietet die Verpflichtung zur Fortführung der ALK eine Möglichkeit, Prozesse zur Weiterführung des 3D-Stadtmodells zu definieren.
- **Level-of-Detail:** Der passende Detaillierungsgrad hängt wesentlich von den geplanten Anwendungen ab. Damit Sichtachsen überprüft, Dachflächenpotenziale für die Solarenergienutzung ausgewertet und ansprechende Präsentationsmedien erstellt werden können, wird empfohlen, Stadtmodelle mindestens im LOD 2 oder höher zu erstellen.
- **Einbindung von Geofach- und Geobasisdaten:** Die Einbindung von Geofach- und Geobasisdaten ist grundsätzlich immer als Geländetextur eines Modells möglich, so dass weniger die technische Einbindung als die Verfügbarkeit der Daten von Relevanz ist. In diesem Sinne werden der Aufbau und die Nutzung von Geodateninfrastrukturen in den Kommunen empfohlen, wie sie in der INSPIRE-Richtlinie auf europäischer Ebene gefordert werden.

*Das amtliche Berliner 3D-Stadtmodell im Internet: [www.virtual-berlin.de](http://www.virtual-berlin.de)*

## Literatur

- IGG – Institut für Geodäsie und Geoinformatik (2009): Softwareentwicklungen und Dokumentationen des Institutes für Geodäsie und Geoinformatik für die Nutzung einer Datenbank zur Verwaltung von CityGML-basierten Stadtmodellen, <http://opportunity.bv.tu-berlin.de/software/>
- Gröger G., T. H. Kolbe, A. Czerwinski und C. Nagel (2008): OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Version 1.0.0, International OGC Standard, Open Geospatial Consortium, Doc. No. 08-007r1, 2008.
- Ross, L., J. Bolling, J. Döllner und B. Kleinschmit (2009a): Enhancing 3D City Models with Heterogeneous Spatial Information: Towards 3D Land Information Systems, in: Sester, M., L. Bernard und V. Paelke (Hrsg.): Advances in GIScience. Proc. of the 12th AGILE Conference. 2.–5. Juni 2009, Hannover, S. 113–133.
- Ross, L., J. Döllner, B. Kleinschmit und O. Schroth (2009b): E-Collaboration between the Private and the Civil Sector: Support of the Long-term Utilization and Update of Official 3D City Models, in: Kolbe, Thomas H., u.a. (Hrsg.): The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-3-4/C3.

## Im Projekt verwendete Software

Autodesk LandXplorer 2009, <http://www.3dgeo.de/>

ESRI ArcGIS, <http://www.esri.com>

Google Sketchup in Kombination mit Google ArcGIS Sketchup Plug-in,  
<http://sketchup.google.com/>

## Autoren und Autorin



*Lutz Ross, Dipl.-Ing., Studium der Landschaftsplanung an der Technischen Universität Berlin, Schwerpunkte: Geografische Informationssysteme und Landschaftsökologie, seit Anfang 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung der TU Berlin, verantwortlich für das Vorhaben REFINA3D;*

E-Mail: [lutz.ross@tu-berlin.de](mailto:lutz.ross@tu-berlin.de)



*Jürgen Döllner, Prof. Dr., Studium der Mathematik und Informatik an der Universität Siegen, Promotion und Habilitation an der Universität Münster, seit 2001 Professor für Computergrafische Systeme am Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam, Leiter des gleichnamigen Fachgebiets ([www.hpi3d.de](http://www.hpi3d.de)), Forschungsschwerpunkte: 3D-Computergrafik, 3D-Geovisualisierung, virtuelle Städte und Landschaften, web-basierte und service-orientierte Geoinformations- und -visualisierungssysteme;*

E-Mail: [döllner@hpi.uni-potsdam.de](mailto:döllner@hpi.uni-potsdam.de)



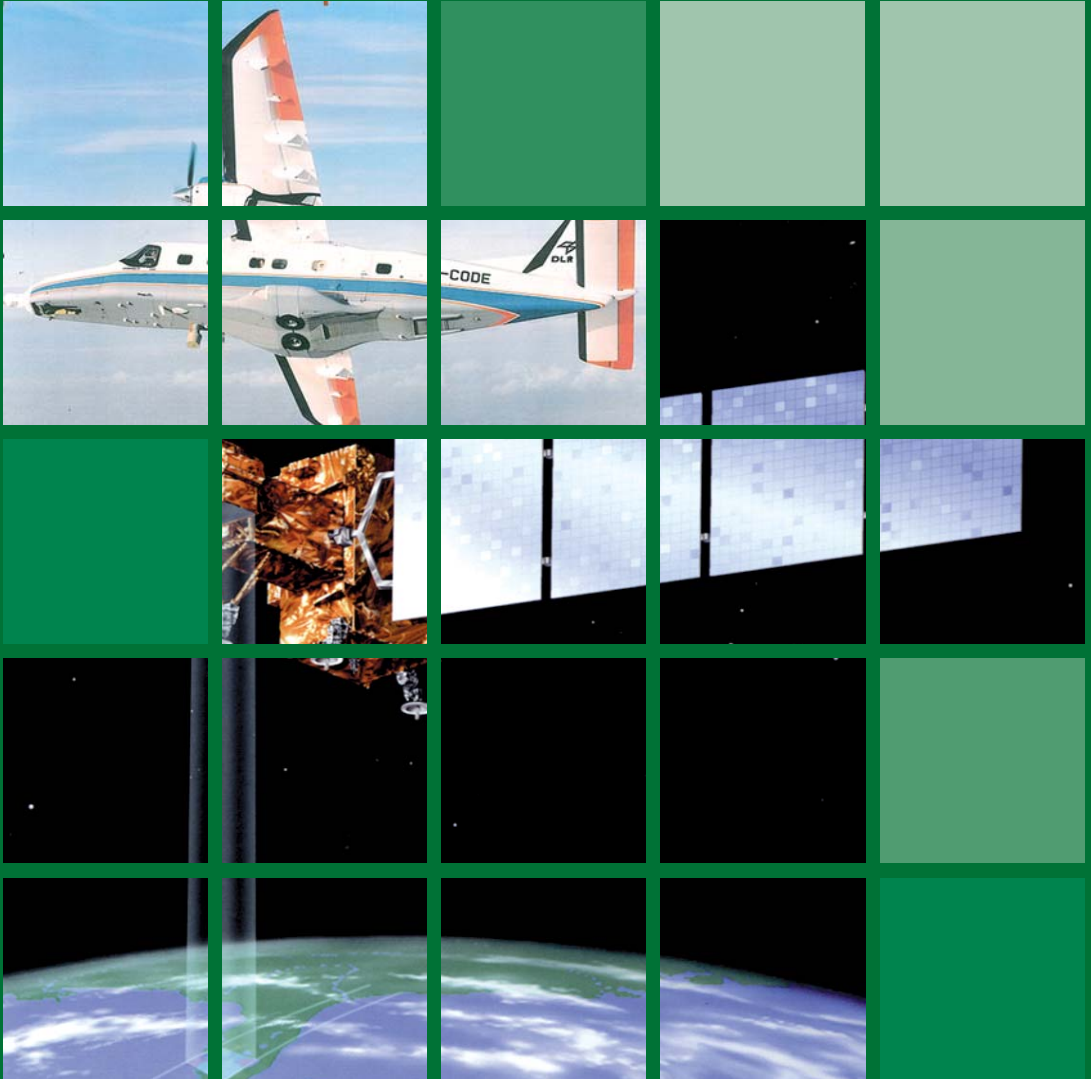
*Birgit Kleinschmit, Prof. Dr., Studium der Forstwissenschaften an der Georg-August-Universität in Göttingen, seit 2003 Leiterin des Fachgebietes Geoinformationsverarbeitung in der Umweltplanung an der Technischen Universität Berlin, Forschungsschwerpunkt: innovative Methoden der Geoinformatik;*

E-Mail: [birgit.kleinschmit@tu-berlin.de](mailto:birgit.kleinschmit@tu-berlin.de)



# 6.

## Zusammenfassung und Fazit



# Flächen- und Standortinformationen erheben und bewerten – Zusammenfassung und Fazit zu den Ergebnissen und Erkenntnissen aus REFINA-Vorhaben

Stefan Frerichs, Manfred Lieber und Thomas Preuß

## Kernergebnisse und Produkte zu Flächen- und Standortinformationen aus der REFINA-Forschung

In den REFINA-Vorhaben wurde eine Reihe von Ergebnissen und Produkten erarbeitet, die für die Erhebung und Pflege von Flächen- und Standortinformationen sowie deren Bewertung eingesetzt werden können. Bei einigen Ergebnissen und Produkten handelt es sich eher um „Nebenergebnisse“ der Projekte, da diese primär andere Fragen und Ziele verfolgen, die in ihren jeweiligen Veröffentlichungen und Berichten detailliert beschrieben und dokumentiert sind<sup>1</sup>. Übersicht 1 gibt einen Überblick über die REFINA-Projekte, ihre Ergebnisse und die entwickelten Produkte.

| Vorhaben                         | Ergebnis  | Produkt   |
|----------------------------------|---|---|
| 3D-Stadtmodelle                  | 3D-Stadtmodell  | Visualisierungen, Analysen, Szenarien                       |
| Automatisierte Fernerkundung     | Nutzungskartierung                                    | flächendeckende Nutzungskartierung<br>Versiegelungserhebung |
| BioRefine                        | optimiertes Sanierungskonzept                         | Schadstoffbewertung   |
| FIN.30                           | Ranking   | Software-Tool   |
| Flächenbarometer                 | Indikatoren der Flächennutzung                        | Software-Tool   |
| Flächenkonstanz Saar             | Ermittlung Umfang Flächen-„Rückgabe“                  | Berechnungsregeln und festgelegte monetäre Werte            |
| Funktionsbewertung urbaner Böden | Bodenbewertung analog BBodSchV<br>Stadtbodendatenbank | automatisierte Stadtbodenbewertung                          |
| GEMRIK                           | Bewertung für Poolanteile                             | Indikatorenliste und Kriteriengewichte                      |
| komreg                           | Ermittlung Innenbereichs-Flächenpotenziale            | Bauflächenpotenzialanalyse                                  |
| NFM-Hannover                     | Bewertung für Fonds                                   | Indikatorenliste und Kriteriengewichte                      |
| optirisk                         | optimiertes Nutzungskonzept                           | Leitfaden   |
| Panta Rhei Regio                 | Modell  | Software-Tool   |
| REGENA                           | Bewertung für Poolanteile                             | Indikatorenliste und Kriteriengewichte                      |
| Reg. Portfoliomanagement         | Ranking   | Software-Tool   |
| SINBRA                           | optimiertes Nutzungskonzept                           | mehrere Software-Tools                                      |

### Übersicht 1:

Ergebnisse und Produkte der im Band dargestellten REFINA-Projekte

Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>1</sup> Eine Übersicht über die Veröffentlichungen und Produkte aller Projekte des Forschungsverbundes REFINA findet sich unter [www.refina-info.de](http://www.refina-info.de)

Insgesamt lassen sich die Ergebnisse und Produkte in vier Typen untergliedern:

- Methoden und Verfahren der Boden- und Schadstoffbewertung,
- Methoden und Verfahren zur Nutzung von Fernerkundungsdaten und dreidimensionalen Modellierungen für Flächeninformationen,
- Indikatoren und Anwendungen zur Analyse der Flächeninanspruchnahme,
- Bewertungssysteme für ein nachhaltiges Flächenmanagement.

Auf der Ebene standortbezogener Boden- und Schadstoffbewertung wurde im Vorhaben „Funktionsbewertung urbaner Böden“ eine Erhebungs- und Bewertungsmethode für anthropogen überprägte Böden (Substrate) entwickelt, die analog zur Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) die Bewertung langjährig genutzter Standorte für die Innenentwicklung erlaubt; im Projekt „Bio-Refine“ wurde die Bewertungsmethodik für Schadstoffe in Böden anhand der Bioverfügbarkeit weiterentwickelt.

In zwei Vorhaben („Automatisierte Fernerkundung“ und „Flächenbarometer“) wurden aufbauend auf dem bisherigen Erkenntnisstand neue Verfahren zur Gewinnung von Flächeninformationen aus Fernerkundungsdaten (Satellitenbilder, Luftbilder) entwickelt und deren Nutzung für das Flächenmonitoring demonstriert. Das Projekt „REFINA3D“ wiederum weist Wege der Nutzung moderner 3D-Stadtmodelle zur Integration, Analyse und Visualisierung von Flächen- und Standortinformationen.

Indikatoren und Anwendungen in Form von Software-Tools bzw. als Webanwendung zur Analyse der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen werden von den beiden Vorhaben „Panta Rhei Regio“ und „Flächenbarometer“ bereitgestellt.

Die Mehrzahl der in diesem Band dargestellten Projekte hat sich mit der Entwicklung und Erprobung von Bewertungssystemen für ein nachhaltiges Flächenmanagement auseinandergesetzt. Ziel war es in der Regel, in einem definierten Flächenpool oder -portfolio die jeweils nachhaltigste Nutzungsentscheidung zu finden. Die Systeme unterscheiden sich dabei im Detailgrad der Informationserhebung, in den Anpassungsmöglichkeiten an örtliche Verhältnisse sowie den jeweiligen Anforderungen und Schwerpunkten in den Vorhaben. Die Bewertungssysteme liegen teilweise als eigenständige Software-Tools, als Excel-Tabellen oder als beschriebene Methoden („SINBRA“, „Flächenkonstanz Saar“, „GEMRIK“, „REGENA“, „NFM-Hannover“, „FIN.30“, „Regionales Portfoliomanagement“, „komreg“, „OPTIRISK“) vor.

## Eigenschaften der in den REFINA-Vorhaben entwickelten Methoden und Instrumente

In den REFINA-Projekten sind Standort- und Flächeninformationen sowie deren Bewertung in unterschiedlicher Ausprägung Gegenstand der Forschung. Je nach inhaltlicher Schwerpunktsetzung der Vorhaben reicht dies von der Erschließung neuer Informationsquellen und Arbeitstechniken zur Gewinnung von Flächeninformationen über die (Weiter)Entwicklung von Methoden zur Bewertung von (urbanen) Böden und schadstoffbelasteten Böden, die Zusammenfassung von Informationen unterschiedlicher Quellen zu aussagekräftigen Indikatoren für die Beobachtung der Flächeninanspruchnahme und zu deren Analyse bis zur Entwicklung von Konzepten für die vergleichende Bewertung von Flächen mit dem





Ziel, die nachhaltigste Flächennutzung zu ermitteln. Die entwickelten und angewandten Instrumente lassen sich hinsichtlich ihres Flächen-, Planungs- und Anwendungsbezugs grob klassifizieren.

In Übersicht 2 sind die 15 hier vorgestellten Methoden und Instrumente hinsichtlich räumlicher und inhaltlicher Bezugsebenen sowie der hierfür wesentlichen Ergebnisse synoptisch dargestellt. Dies soll den Leserinnen und Lesern die Orientierung über die unterschiedlichen Ausrichtungen und Ausprägungen der Methoden und Instrumente für die Erhebung und Bewertung von Flächen- und Standortinformationen erleichtern<sup>2</sup>.

### Übersicht 2:

Synoptische Darstellung der im Band vorgestellten REFINA-Projekte

Quelle: Eigene Darstellung.

| Vorhaben                         | Flächenbezug                 |                          | Planungsbezug |                        |                 | Anwenderbezug               |                                 |
|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|
|                                  | Einzelflächen                | Flächenvergleich         | B-Planung     | Flächennutzungsplanung | Regionale Ebene | Bewertung durch             | Offenheit der Bewertung         |
| 3D-Stadtmodelle                  |                              | Gesamtfächenaufnahme     | x             | x                      |                 | Experten                    |                                 |
| Automatisierte Fernerkundung     |                              | Gesamtfächenaufnahme     | x             | x                      | x               | Experten                    |                                 |
| BioRefine                        | belastete Brachflächen       |                          | x             |                        |                 | Experten                    | festgelegte Bewertungsregeln    |
| FIN.30                           |                              | Wohnbauflächen           |               | x                      |                 | Experten                    | Gewichtung individuell änderbar |
| Flächenbarometer                 |                              | Gesamtfächenaufnahme     | x             | x                      | x               | Experten, Politiker         | festgelegte Bewertungsregeln    |
| Flächenkonstanz Saar             | Wohnbauflächen               |                          |               |                        | x               | Experten                    | festgelegte Bewertungsregeln    |
| Funktionsbewertung urbaner Böden | anthropogen überprägte Böden | Bodenbewertung           | x             |                        |                 | Experten                    | festgelegte Bewertungsregeln    |
| GEMRIK                           |                              | Gewerbeflächen           |               |                        | x               | Experten, Politiker, Bürger | Gewichtung individuell änderbar |
| komreg                           | Brachflächen                 |                          | x             | x                      |                 | Experten                    | Bewertung anpassbar             |
| NFM-Hannover                     |                              | Brachflächen (B-Flächen) | x             |                        |                 | Experten, Politiker         | Gewichtung individuell änderbar |
| optirisk                         | belastete Brachflächen       |                          | x             |                        |                 | Experten                    | Gewichtung individuell änderbar |
| Panta Rhei Regio                 |                              | Gesamtfächenaufnahme     |               | x                      | x               | Experten                    | festgelegte Bewertungsregeln    |
| REGENA                           |                              | Gewerbeflächen           |               |                        | x               | Experten, Politiker, Bürger | Gewichtung individuell änderbar |
| Reg. Portfolio-management        |                              | Wohnbauflächen           |               | x                      |                 | Experten                    | festgelegte Bewertungsregeln    |
| SINBRA                           | belastete Brachflächen       |                          | x             |                        |                 | Experten                    | festgelegte Bewertungsregeln    |



<sup>2</sup> Die für die Projekte insgesamt erzielten wesentlichen Ergebnisse und Produkte werden in den jeweiligen Projektberichten und -veröffentlichungen detailliert vorgestellt und erörtert; eine Übersicht zu den Veröffentlichungen und Produkten findet sich unter [www.refina-info.de](http://www.refina-info.de)

## Flächenbezug

Eine Reihe von REFINA-Vorhaben befasst sich mit unterschiedlichen Techniken und Methoden der Bewertung von Einzelflächen. Ziel ist z.B. die Optimierung von Altlastenuntersuchungen und Sanierungsmaßnahmen oder die Verbesserung der Vermarktung von Brachen und Konversionsflächen („SINBRA“, „optirisk“, „BioRefine“ und „komreg“). Diese Vorhaben helfen die Chancen der Innenentwicklung zu verbessern. Eine Sonderstellung nimmt das Projekt „Funktionsbewertung urbaner Böden“ ein, das eine Klassifikationsmethode für anthropogen überprägte Böden („urbane Böden“) analog zur Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung entwickelt hat und insoweit den Bodenschutz gemäß Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und Baugesetzbuch (BauGB) verbessern hilft.

Eine größere Anzahl von Vorhaben hat dagegen definierte Flächenportfolios, umfangreichere Flächenverbünde oder Gesamtf lächen im Fokus. Die darin verfolgten Projektziele lassen sich grob in zwei Klassen einteilen:

- Einige Projekte befassen sich mit neuen Methoden zur Generierung von Flächeninformationen und der Ableitung von Indikatoren, mit deren Hilfe sich der Prozess der Flächeninanspruchnahme beobachten und erklären lässt und sich gegebenenfalls neue Steuerungsmöglichkeiten für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement ableiten lassen („Flächenbarometer“, „Panta Rhei Regio“, „Automatisierte Fernerkundung“).
- Eine größere Anzahl von Projekten beschäftigt sich mit umfangreicheren Flächenverbünden; teilweise handelt es sich um Vorhaben zur Erhebung von Baupotenzialen im Innenbereich (Baulücken), teilweise um Vorhaben zur vergleichenden Bewertung von Flächenpools („Flächenkonstanz Saar“, „GEMRIK“, „REGENA“, „NFM-Hannover“, „FIN.30“, „Regionales Portfoliomanagement“).

In den Projekten finden sich überdies neue Ansätze zur Visualisierung der Flächeninanspruchnahme oder von Planungen, die das Verständnis für die mit der Flächenumwandlung verbundenen Prozesse und Probleme oder die Chancen für bestimmte Vorhaben verdeutlichen („optirisk“, „Flächenbarometer“, „Panta Rhei Regio“, „Automatisierte Fernerkundung“, „REFINA3D“).

## Planungsbezug

Die Aufgabe, die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke zu vermindern und eine nachhaltige Flächennutzung zu gewährleisten, betrifft die räumliche Planung auf allen Ebenen. Dementsprechend haben die in diesem Band versammelten Vorhaben Techniken und Verfahren zur Informationsgewinnung und Bewertung für die unterschiedlichen flächen- und standortbezogenen Betrachtungsebenen entwickelt. An dieser Stelle werden die drei Ebenen Bebauungsplanung (kleinräumige Betrachtungsebene), Flächennutzungsplanung (gesamstädtische Betrachtungsebene) und Regionalplanung (regionale Betrachtungsebene) unterschieden. Die Informations- und Bewertungstools lassen sich damit sowohl im Rahmen der gesetzlichen Regelungen in der verbindlichen (Bebauungsplanung, Flächennutzungsplanung) als auch in der informellen Planung einsetzen (sonstige städtebauliche Planungen wie Stadt- und Dorfentwicklungskonzepte, Stadtteilplanungen) und unterstützen diese; weitere Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich im Rahmen anderer gesetzlicher Regelungen wie des Gesetzes über Naturschutz



und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG), Bundes-Bodenschutzgesetz sowie den entsprechenden landesrechtlichen Regelungen.

Drei Vorhaben beziehen sich in ihren *Bewertungsansätzen* auf die Ebene der Bebauungsplanung („SINBRA“, „optirisk“ und „NFM-Hannover“); die Projekte „FIN.30“ und „Regionales Portfoliomanagement“ bewerten Wohnbaulandflächen auf der Ebene der Flächennutzungsplanung. Die Vorhaben „GEMRIK“ und „REGENA“ sind interkommunal ausgerichtet und folgen somit einem regionalen Ansatz. Im Projekt „Flächenkonstanz Saar“ wurde ein Konzept zur Vermeidung der Flächenneuinanspruchnahme im gesamten Saarland erarbeitet.

Bei den auf *Flächeninformationen* ausgerichteten Projekten ist eine Einordnung in Betrachtungsebenen in mehreren Fällen nicht eindeutig möglich, weil die Methoden für unterschiedliche Ebenen entwickelt wurden und entsprechend genutzt werden können. Die Ergebnisse der Vorhaben „Automatisierte Fernerkundung“ und „Flächenbarometer“ können auf allen drei angesprochenen räumlichen Ebenen eingesetzt werden. Jeweils auf Bebauungsplanung und Flächennutzungsplanung ausgerichtet sind die Vorhaben „REFINA3D“ und „komreg“. Das Projekt „Panta Rhei Regio“ zielt demgegenüber (kleinmaßstäblich) auf die Ebenen der Flächennutzungsplanung und der Regionalplanung. Kleinräumig auf Einzelflächen und somit auf die Bebauungsplanung ausgerichtet sind die Vorhaben „Funktionsbewertung urbaner Böden“ sowie „BioRefine“.

## Anwenderbezug

Beim Anwenderbezug richtet sich die synoptische Auswertung der Methoden und Instrumente darauf, wer die Bewertungen vornimmt bzw. an welche Beteiligte sich die Methodik wendet. Grundsätzlich richten sich alle Methoden und Instrumente an Expertinnen und Experten aus den jeweiligen Planungs- und Fachdisziplinen. In den Vorhaben „GEMRIK“, „REGENA“ und „NFM-Hannover“ bestand darüber hinaus der Anspruch, Politikerinnen und Politiker mit in den Prozess der Festlegung von Indikatoren und Bewertungsgrundlagen einzubeziehen. Diese Anforderung erforderte einen hinsichtlich Umfang und fachlicher Tiefe der Bearbeitung angepassten Zuschnitt der Bewertungssysteme.

Für die Akzeptanz bei Anwendern und Beteiligten wichtig erscheint auch die Frage, ob die entwickelten Bewertungsmethoden mit fachlich festgelegten Bewertungsregeln arbeiten oder ob innerhalb eines entwickelten Bewertungsrahmens kommunalspezifische Erkenntnisse und/oder Gewichtungen einfließen können. Insbesondere die Einbeziehung von Politik und/oder Bürgerschaft wird von den Projekten, die dies vorsehen, als wichtiger Erfolgsfaktor für die Anerkennung des Instrumentariums und die Umsetzung der Ergebnisse erkannt.

## Anforderungen an den Einsatz der Methoden und Instrumente

### Einbindung in Zielsystem

Vor dem Einsatz von Informationssystemen und Bewertungsverfahren im nachhaltigen Flächenmanagement sollten stets grundlegende Fragen zur genauen Problemstellung und zu Anforderungen an Methoden bzw. Instrumente geklärt werden.

An erster Stelle ist die Frage zu beantworten, welche Aufgabe in der Kommune oder der Region gelöst und welche Ziele/Zwecke mit dem Einsatz einer Methode oder eines Instruments verfolgt werden sollen.

Zum Zweiten ist das organisatorische Umfeld zu berücksichtigen, in dem eine Methode oder ein Instrument angewandt werden soll:

- Findet der Einsatz ausschließlich innerhalb der kommunalen Verwaltung statt, oder soll eine interkommunale Zusammenarbeit initiiert werden?
- Sollen Beteiligte außerhalb der Verwaltung in den Planungs- und Entscheidungsprozess eingebunden werden? Wenn ja, welche?

Die Beantwortung dieser Fragen führt hin zu den Zielgruppen bzw. zu den Anwendern einer Methode oder eines Instruments sowie zu den Adressaten der Ergebnisse von Flächen- und Standortbewertungen. Je stärker der Anspruch der Einbindung von Nicht-Planungsexperten in einen flächenbezogenen Entscheidungsprozess ist, desto stärker muss die Methode dem Informations- und Kenntnisstand dieser Personen Rechnung tragen. Dies erfordert eine Reduzierung von Komplexität sowie eine Vereinfachung von Indikatoren und Bewertungsvorschriften bzw. die vereinfachte Darstellung von Untersuchungsergebnissen. Nur so können Nicht-Experten den gesamten Bewertungsvorgang noch überblicken und kann dieser so transparent gestaltet werden, dass die Bewertungsergebnisse nachvollziehbar sind und auf Akzeptanz stoßen. Nähere Informationen zu Kommunikationsstrategien und -ansätzen bei flächenbezogenen Zielen von REFINA enthält Band IV der REFINA-Schriftenreihe<sup>3</sup>.

## Datenzugang und Datenverwaltung

Flächen- und Standortinformationen werden immer für einen bestimmten Zweck erhoben, der sich in der Regel aus behördlichen Anforderungen, planerischen Verwendungszielen, wirtschaftlichen oder wissenschaftlichen Interessen ergibt. Datenerhebung und -verwendung für behördliche Zwecke basieren auf einer rechtlichen Grundlage mit genauen Definitionen zu Umfang, Tiefe und Anwendung, während Erhebungen für wirtschaftliche und wissenschaftliche Zwecke meist relativ frei in ihrer Ausgestaltung sind. Daher lassen sich erhobene Daten nicht ohne weiteres für andere als die in der Erhebung angegebenen Zwecke einsetzen. Sollen Flächen- und Standortinformationen für andere Zwecke verwendet oder mit anderen Daten kombiniert werden, können Inkompatibilitäten oder – aufgrund notwendiger Generalisierungen – Ungenauigkeiten oder Unschärfen auftreten. Überdies unterliegen auch raumbezogene Daten und Informationen dem Urheberrecht. Daher ist deren Anwendung außerhalb der Lizenzen bzw. Nutzungsrechte, die vom Urheber erteilt wurden, nicht erlaubt.

Für Flächeninformationen und Bewertungen im Rahmen eines nachhaltigen Flächenmanagements ist somit immer sorgfältig zu prüfen, ob und inwieweit vorhandene, für andere Zwecke erhobene Daten für die jeweilige Fragestellung verwendet werden können. Zwar erscheint dies aus Kostengründen häufig sinnvoll

<sup>3</sup> Stephanie Bock, Ajo Hinzen und Jens Libbe (Hrsg.): Nachhaltiges Flächenmanagement – in der Praxis erfolgreich kommunizieren. Ansätze und Beispiele aus dem Förderschwerpunkt REFINA. Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band IV, Berlin 2009.



und hilfreich. Es ist jedoch stets zu prüfen, ob Art der Information, Erhebungsgrundlage, Erhebungszeitpunkt und Urheberrecht den Einsatz für die entsprechende Anwendung im Rahmen des Flächenmanagements zulassen.

Erfahrungen<sup>4</sup> zur Integration zersplittert vorliegender oder heterogener raumbezogener Informationen und zur Erhebung neuer flächen- und standortbezogener Daten zeigen daneben noch andere Probleme in der Praxis:

- Plandaten werden von Projektbeteiligten oftmals als „digital“ vorliegend angekündigt, tatsächlich handelt es sich dann jedoch um PDF-Dateien, die – in Form von Vektorelementen oder sogar nur als eingescannte Rasterdaten – lediglich die grafische Oberfläche der dahinter liegenden Geodaten darstellen. Derartige „Geodaten“ sind mit einigem Aufwand aufzubereiten (Extraktion, Georeferenzierung, Maskierung, Topologiekorrekturen, Digitalisierung), bevor sie mit anderen Daten zusammen weiterverwendet werden können.
- Der Zugang zu Geodaten liegt häufig in der Hand von Fachbehörden, die die Nutzung lizenzieren müssen und je nach Verwendungszweck dafür Gebühren oder Nutzungsentgelte erheben, auch wenn die Daten für öffentliche Planungszwecke wie z.B. ein nachhaltiges kommunales Flächenmanagement verwendet werden sollen. Die Datenbeschaffung kann sich in solchen Fällen als unerwartet aufwändig und kostspielig herausstellen. Dies betrifft häufig auch Fälle, bei denen Geodaten in Form von Ergebniskarten als PDF-Dateien übergeben werden, die Verwendungsmöglichkeit aber rechtlich nicht geklärt wurde.
- Erhebung und Verarbeitung von Flächen- und Standortinformationen führen bei einer dateisystembasierten Datenorganisation ohne genaue Planung und Organisation in kurzer Zeit zu einer unübersichtlichen Dateistruktur. Daher empfiehlt sich die Verwendung von Geodatenbanken, die Funktionen zur Speicherung und Verwaltung umfangreicher Datenbestände bieten.
- Einmal erhobene und aufbereitete Informationen bringen nur dann längerfristig Nutzen in der Anwendung, wenn von Beginn an ein Workflow zur zukünftigen Datenpflege entwickelt und umgesetzt wird. Ansonsten sind gegebenenfalls aufwändig aufgebaute Informationsbestände in relativ kurzer Zeit nicht mehr aktuell und damit nur noch sehr eingeschränkt verwendbar. Auch die dafür anzusetzenden Aufwände und personellen Kapazitäten sind in der Kostenkalkulation zu berücksichtigen.
- Forschungsvorhaben wie in der Fördermaßnahme REFINA bieten den beteiligten Praxispartnern die Gelegenheit, hochwertige und innovative Geodaten und Informationen zur Verwendung zu erhalten, die sie für ihre Zwecke nutzen können. Nach Abschluss der Projekte stellt sich die Frage nach der stetigen und dauerhaften Pflege und Weiterentwicklung der Datenbestände. Sofern dies nicht institutionell bei einem der Projektpartner im Rahmen der Projektkonzeption – z.B. durch die Integration in bestehende Systeme – sichergestellt ist, empfiehlt sich frühzeitig die Entwicklung eines entsprechenden Workflow, der in der Aufbauorganisation verankert wird (mit Blick auf Zeit, Personal, Kosten).
- Erhebung und Verwendung von Standort- und Flächeninformationen für ein nachhaltiges Flächenmanagement können auch Synergien mit anderen (kom-



<sup>4</sup> Siehe den Beitrag in diesem Band: Lutz Ross, Jürgen Döllner und Birgit Kleinschmit: Innovative Kommunikationsinfrastrukturen zur Integration und Bereitstellung von verteilten und heterogenen Flächeninformationen.

munalen) Aufgaben wie der Umweltverwaltung, dem Liegenschaftsmanagement, der Bauleitplanung oder der Wirtschaftsförderung begründen. Indem derartige Synergien systematisch erschlossen und entwickelt werden, erhöht sich auch die Bereitschaft zur Erhebung und Pflege der Daten und damit das Interesse an der Entwicklung eines nachhaltigen Flächenmanagements.

## Datenschutz

Datenschutzbestimmungen setzen der Erhebung und Verarbeitung von Flächen- und Standortinformationen Grenzen. So ist der Einzelne davor zu schützen, dass er in seinem Recht auf informationelle Selbstbestimmung durch den Umgang mit seinen personenbezogenen Daten beeinträchtigt wird.

Das Beispiel des REFINA-Vorhabens „komreg“, in welchem grundstücks- und personenbezogene Daten verwendet wurden, zeigt, dass auch Aspekten des Datenschutzes Rechnung zu tragen ist. So wünschenswert es aus Sicht einer Kommune wäre, frühzeitig Informationen über mögliche zukünftige alters- bzw. sterbebedingte Leerstände von Gebäuden zu erhalten, so strikt sind hierbei die Regelungen des Datenschutzes zu beachten. § 200, Abs. 3 BauGB erlaubt zwar das Anlegen von Baulandkatastern. Die darin enthaltenen Informationen beschränken sich jedoch auf Flurstücksbezeichnung, Straßennamen sowie Angaben zur Grundstücksgröße. Ihre Veröffentlichung ist an die Bedingung geknüpft, dass die betroffenen Grundstückseigentümer dem nicht widersprechen (§ 200 Abs. 3 BauGB).

## Bearbeitungs- und Kostenaufwand

Erhebung, Verwendung und Verwaltung von Geodaten sind zumeist mit einigem Aufwand verbunden, dem gerade in den Kommunalverwaltungen immer stärker begrenzte personelle, zeitliche, technische und finanzielle Ressourcen gegenüberstehen. Angesichts dieser Engpässe auf kommunaler Seite haben kommunale Anwender ein großes Interesse daran, diesen Aufwand niedrig zu halten. Rückmeldungen aus REFINA-Modellkommunen verdeutlichen, dass die Akzeptanz neuer Methoden und Instrumente der Flächen- und Standortinformation entscheidend davon abhängt, welche finanziellen und personellen Ressourcen hierfür beansprucht werden. So sollen zusätzliche Datenerhebungen möglichst vermieden oder zumindest auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden, Erhebungskosten sollen ebenso wie Kosten für die Beschaffung von Software-Tools oder für Schulungen begrenzt bleiben. Aus Sicht der Kommunen muss der erwartete Nutzen den personellen, technischen und finanziellen Aufwand rechtfertigen. In einem langfristig angelegten nachhaltigen Flächenmanagement lässt sich der wirtschaftliche Nutzen oftmals schwer darstellen, da er sich weniger in einem direkten und kurzfristigen Gewinn als vielmehr in der Vermeidung von mittel- und langfristigen Kosten der Siedlungsentwicklung zeigt<sup>5</sup>. Auch lässt sich beobachten, dass zwar die technische Aus-

<sup>5</sup> Thomas Preuß und Holger Floeting (Hrsg.): Folgekosten der Siedlungsentwicklung. Bewertungsansätze, Modelle und Werkzeuge der Kosten-Nutzen-Betrachtung. Beiträge aus der REFINA-Forschung, Reihe REFINA Band III, Berlin 2009.





stattung zur Erhebung und Pflege von Daten vorhanden ist, jedoch das mit den entsprechenden Aufgaben beauftragte Personal nicht die notwendige Schulung erhält. Hier können Verfahren zur Automatisierung von Erhebungsaufgaben die nötige Entlastung für die eigentlichen Konzeptions-, Planungs- und Steuerungsaufgaben geben.

## Ausblick

An der Fördermaßnahme REFINA sind bundesweit über 100 Vorhaben in 45 Forschungsverbünden und Einzelprojekten beteiligt. Neben Projektpartnern aus Hochschulen, wissenschaftlichen Instituten, Entwicklungsgesellschaften und privaten Büros sind über 70 Kommunen aktiv in die Verbundprojekte eingebunden. Zudem arbeiten etwa 15 weitere Gebietskörperschaften (Kreise, Regionalverbände etc.) mit. Die überwiegende Zahl der Vorhaben ist inzwischen abgeschlossen. Abschlussberichte sowie Produkte wie Leifäden und Software-Tools zur Umsetzung und Anwendung liegen für die Anwendung in der kommunalen und regionalen Praxis vor<sup>6</sup>.

Um von den jetzt dokumentierten Pilotanwendungen zu einer größeren Verbreitung der Methoden und Instrumente nachhaltigen Flächenmanagements in Richtung auf das Erreichen des 30-Hektar-Ziels zu gelangen, sind Kommunen und Regionen ebenso wie Planungsbüros und die Immobilienwirtschaft zur Nachahmung eingeladen. Unterstützt wird dies durch weitergehende Schritte des Wissens- und Erfahrungstransfers.

## Autoren



*Stefan Frerichs*, Dipl.-Ing., Stadtplaner AK NRW, Studium der Stadt- und Stadtentwicklungsplanung an der GH Kassel; seit 1993 Mitarbeiter bei AHU AG Aachen, seit 1996 bei BKR Aachen, Stadt- und Umweltplanung, Arbeitsschwerpunkte: Stadtentwicklungsplanung, Regionalplanung, Umweltvorsorge; Mitarbeit an verschiedenen Forschungsvorhaben im Bereich Altlasten- und Konversionsmanagement, Berücksichtigung von Umweltbelangen in Planung, nachhaltiger (Stadt- und Regional-)Entwicklung, Hochwasservorsorge, Klimaschutz und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in der Planung;  
E-Mail: frerichs@bkr-ac.de



*Manfred Lieber*, Dipl.-Ing., Studium der Raumplanung an der Technischen Universität Dortmund; seit 1997 Zusammenarbeit mit dem BKR Aachen bei Umweltverträglichkeitsuntersuchungen sowie bei projektübergreifenden Tätigkeiten der Planung, Steuerung und Auswertung im Rahmen der Euregionale 2008 und bei REFINA; Beratung, Projektservice und Mitwirkung bei der zusammenfassenden Präsentation von Forschungsvorhaben zur Altlastensanierung (MOSAL) und zur Klimawandel-Anpassung (KlimZug/DynAKlim);  
E-Mail: lieber@bkr-ac.de



<sup>6</sup> Produkte aus REFINA-Vorhaben sind verfügbar unter [www.refina-info.de](http://www.refina-info.de)

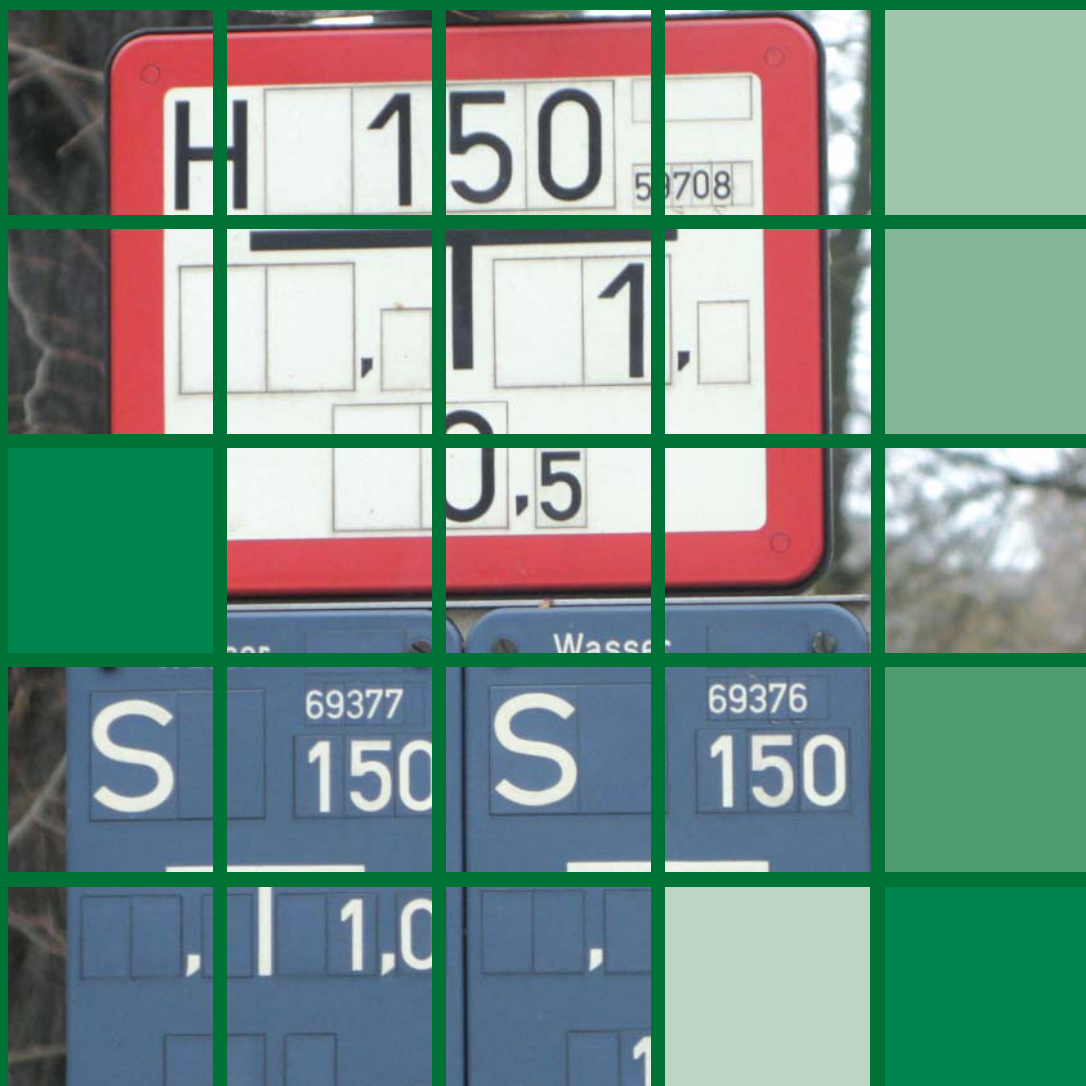


*Thomas Preuß*, Dipl.-Agraringenieur, Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Halle-Wittenberg, seit 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Deutschen Institut für Urbanistik GmbH (Difu), Berlin, Arbeitsschwerpunkte: Flächenkreislaufwirtschaft, Flächenmanagement und Flächenrecycling, Bodenschutz und kommunaler Umweltschutz;  
E-Mail: [preuss@difu.de](mailto:preuss@difu.de)



# 7

## Wegweiser



## **Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner zum Thema „Flächeninformation“ und „Flächenbewertung“ (Auswahl)**

### **REFINA-Vorhaben: Automatisierte Fernerkundungsverfahren**

*Claudia Hagedorn*

Eftas GmbH

Oststraße 2 – 18

48145 Münster

Telefon: 0251/1 33 07-0

E-Mail: [claudia.hagedorn@eftas.com](mailto:claudia.hagedorn@eftas.com)

Web: [www.refina-info.de](http://www.refina-info.de)

[www.eftas.com](http://www.eftas.com)

### **REFINA-Vorhaben: BioRefine**

*Prof. Dr. Konstantin Terytze*

Freie Universität Berlin – Institut für Geographische Wissenschaften

Malteserstraße 74 – 100

12249 Berlin

Telefon: 030/8 38-70481

E-Mail: [konstantin.terytze@zedat.fu-berlin.de](mailto:konstantin.terytze@zedat.fu-berlin.de)

Web: [www.geo.fu-berlin.de/biorefine](http://www.geo.fu-berlin.de/biorefine)

[www.geo.fu-berlin.de/geog/fachrichtungen/physgeog/umwelt/](http://www.geo.fu-berlin.de/geog/fachrichtungen/physgeog/umwelt/)

### **REFINA-Vorhaben: FIN.30**

*Prof. Dr.-Ing. Theo Kötter*

Universität Bonn – Institut für Geodäsie und Geoinformation

Nußallee 1

53115 Bonn

Telefon: 0228/73-2612/-10

E-Mail: [koetter@uni-bonn.de](mailto:koetter@uni-bonn.de)

Web: [www.fin30.uni-bonn.de](http://www.fin30.uni-bonn.de)

[www.isbk.uni-bonn.de](http://www.isbk.uni-bonn.de)

### **REFINA-Vorhaben: Flächenbarometer**

*Dr. Doris Klein*

Universität Würzburg – Geographisches Institut – Lehrstuhl für Fernerkundung

Am Hubland

97074 Würzburg

Telefon: 0931/31-86420

E-Mail: [doris.klein@uni-wuerzburg.de](mailto:doris.klein@uni-wuerzburg.de)

Web: [www.fernerkundung.geographie.uni-wuerzburg.de/forschungsprojekte/refina/](http://www.fernerkundung.geographie.uni-wuerzburg.de/forschungsprojekte/refina/)

### **REFINA-Vorhaben: Flächenkonstanz Saar**

*Prof. Dr. Peter Doetsch*

RWTH Aachen – Lehr- und Forschungsgebiet Abfallwirtschaft

Mies-van-der-Rohe-Straße 1

52074 Aachen

Telefon: 0241/80-27252

E-Mail: [peter.doetsch@lfa.rwth-aachen.de](mailto:peter.doetsch@lfa.rwth-aachen.de)

Web: [www.leg-saar.de](http://www.leg-saar.de)

### **REFINA-Vorhaben: Funktionsbewertung urbaner Böden**

*Prof. Dr. Friedrich Rück*

Fachhochschule Osnabrück

Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur

Oldenburger Landstraße 24

49090 Osnabrück

Telefon: 0541/9 69-5037

E-Mail: [f.rueck@fh-osnabrueck.de](mailto:f.rueck@fh-osnabrueck.de)

Web: [www.stadtboden-planung.de](http://www.stadtboden-planung.de)

[www.al.fh-osnabrueck.de](http://www.al.fh-osnabrueck.de)

### **REFINA-Vorhaben: GEMRIK**

*Dr. Stefan Greiving*

plan + risk consult

Amsterdamer Weg 36

44269 Dortmund

Telefon: 0231/4 44 23 21

E-Mail: [greiving@plan-risk-consult.de](mailto:greiving@plan-risk-consult.de)

Web: [www.plan-risk-consult.de](http://www.plan-risk-consult.de)

### **REFINA-Vorhaben: Nachhaltiges Flächenmanagement Hannover**

*Dr. Silke Kleinhüchelkotten*

ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH

Nieschlagstraße 26

30449 Hannover

Telefon: 0511/47 39 15-13

E-Mail: [silke.kleinhueckelkotten@ecolog-institut.de](mailto:silke.kleinhueckelkotten@ecolog-institut.de)

Web: [www.flaechenfonds.de](http://www.flaechenfonds.de)

[www.ecolog-institut.de](http://www.ecolog-institut.de)

### **REFINA-Vorhaben: optirisk**

*Dr. Kersten Roselt*

JENA-GEOS-Ingenieurbüro GmbH

Saalbahnstraße 25c

07743 Jena

Telefon: 03641/45 35-13

E-Mail: [roselt@jena-geos.de](mailto:roselt@jena-geos.de)

Web: [www.uni-weimar.de/architektur/raum/refina](http://www.uni-weimar.de/architektur/raum/refina)

[www.jena-geos.de/](http://www.jena-geos.de/)



**REFINA-Vorhaben: PANTA RHEI REGIO***Martin Distelkamp*

gws – Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung mbH  
Heinrichstraße 30  
49080 Osnabrück  
Telefon: 0541/4 09 33-160  
E-Mail: [distelkamp@gws-os.de](mailto:distelkamp@gws-os.de)  
Web: [www.gws-os.de/refina.htm](http://www.gws-os.de/refina.htm)

**REFINA-Vorhaben: REGENA***Prof. Dr. Alfred Ruther-Mehlis*

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen  
Institut für angewandte Forschung  
Schelmenwasen 4–8  
72622 Nürtingen  
Telefon: 07022/4 04-169  
E-Mail: [alfred.ruther-mehlis@hfwu.de](mailto:alfred.ruther-mehlis@hfwu.de)  
Web: [www.hfwu.de/de/regena](http://www.hfwu.de/de/regena)

**REFINA-Vorhaben: Regionales Portfoliomanagement***Dipl.-Ing. Anke Ruckes*

RWTH Aachen University – Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr  
Mies-van-der-Rohe-Str. 1  
52074 Aachen  
Telefon: 0241/8 02 52 03  
E-Mail: [ruckes@isb.rwth-aachen.de](mailto:ruckes@isb.rwth-aachen.de)  
Web: [www.rpm.rwth-aachen.de](http://www.rpm.rwth-aachen.de)  
[www.isb.rwth-aachen.de](http://www.isb.rwth-aachen.de)

**REFINA-Vorhaben: SINBRA***Dr. Michael Finkel*

Universität Tübingen – Institut für Geowissenschaften  
Hölderlinstr. 29  
72074 Tübingen  
Telefon: 07071/29-73177  
E-Mail: [michael.finkel@uni-tuebingen.de](mailto:michael.finkel@uni-tuebingen.de)  
Web: [www.sinbra.de](http://www.sinbra.de)

**Weitere interessante Links (Auswahl)****Internetangebote zum Thema Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und nachhaltiges Flächenmanagement***Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)**Verminderung der Flächeninanspruchnahme*

[www.bmvbs.de/Klima\\_Umwelt-Energie/Nachhaltigkeit-Klima\\_3003/Flaechenverbrauch.htm](http://www.bmvbs.de/Klima_Umwelt-Energie/Nachhaltigkeit-Klima_3003/Flaechenverbrauch.htm)

*Umweltbundesamt  
Raumbezogene Umweltplanung  
Reduzierung der Flächeninanspruchnahme  
[www.umweltbundesamt.de/rup/flaechen/index.htm](http://www.umweltbundesamt.de/rup/flaechen/index.htm)*

*Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges  
Flächenmanagement (REFINA)  
[www.refina-info.de](http://www.refina-info.de)*

*Bündnis zum Flächensparen  
Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit  
[www.flaechensparen.bayern.de](http://www.flaechensparen.bayern.de)*

*Aktionsbündnis „Flächen gewinnen in Baden-Württemberg“  
Umweltministerium Baden-Württemberg  
[www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/35423](http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/35423)*

*Allianz für die Fläche in Nordrhein-Westfalen  
Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
des Landes Nordrhein-Westfalen  
[www.allianz-fuer-die-flaeche.de](http://www.allianz-fuer-die-flaeche.de)*

*Internetportal „Bodenwelten“  
[www.bodenwelten.de](http://www.bodenwelten.de)*

*NABU-Internetportal „Siedlungsentwicklung und Bauen“  
[www.nabu.de/themen/siedlungsentwicklung](http://www.nabu.de/themen/siedlungsentwicklung)*

*Datenbank Flächenmanagement  
[www.flaecheninfo.de](http://www.flaecheninfo.de)*

*Boden-Bündnis europäischer Städte, Kreise und Gemeinden  
[www.bodenbuendnis.org](http://www.bodenbuendnis.org)*

*Flächenmanagement-Plattform  
[www.flaechenmanagement.baden-wuerttemberg.de](http://www.flaechenmanagement.baden-wuerttemberg.de)*

*Bundesverband Boden  
[www.bvboden.de](http://www.bvboden.de)*

## **Europäische Angebote zum Thema Flächeninformationen**

*The European Earth Observation Programme (GMES)  
[http://ec.europa.eu/gmes/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/gmes/index_en.htm)*

*The European Earth Observation Programme (GMES)  
Land Information Services  
[www.land.eu](http://www.land.eu)*



*EuroGeographics*  
[www.eurogeographics.org](http://www.eurogeographics.org)

*Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*  
<http://inspire.jrc.ec.europa.eu>

## **Behörden und Informationsquellen auf Bundesebene**

*Bundesamt für Kartographie und Geodäsie*  
[www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de)

*Bundesamt für Kartographie und Geodäsie*  
*GeoDatenZentrum*  
[www.geodatenzentrum.de](http://www.geodatenzentrum.de)

*Bundesamt für Kartographie und Geodäsie*  
*Vermessungsverwaltungen der Bundesländer*  
*Metainformationssystem der AdV*  
[www.geodatenzentrum.de/isoinfo/iso\\_rahmen.iso\\_div](http://www.geodatenzentrum.de/isoinfo/iso_rahmen.iso_div)

*Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen (IMAGI)*  
[www.imagi.de](http://www.imagi.de)

*Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)*  
[www.adv-online.de](http://www.adv-online.de)

*Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV)*  
*ATKIS – Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem*  
[www.atkis.de](http://www.atkis.de)

*Geodateninfrastruktur Deutschland – GDI-DE*  
[www.gdi-de.org](http://www.gdi-de.org)

*GeoPortal.Bund*  
<http://geoportal.bkg.bund.de>

*Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (AK UGRdL)*  
*Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder*  
[www.ugrdl.de/index.html](http://www.ugrdl.de/index.html)

*Umweltbundesamt*  
*Daten zur Umwelt – Umweltzustand in Deutschland*  
[www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de)

*Portal U – Umweltportal Deutschland*  
[www.portalu.de](http://www.portalu.de)

## Internetportale der Landesvermessungsämter

*Landesvermessungsamt Baden-Württemberg*

[www.lv-bw.de](http://www.lv-bw.de)

*Bayerische Vermessungsverwaltung*

<http://vermessung.bayern.de/>

[www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de)

*Landesvermessung Berlin*

[www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/index.shtml](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/geoinformation/index.shtml)

*Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB)*

[www.geobasis-bb.de](http://www.geobasis-bb.de)

*Vermessungs- und Katasterverwaltung im Land Brandenburg*

[www.vermessung.brandenburg.de](http://www.vermessung.brandenburg.de)

*GeoInformation Bremen*

[www.geo.bremen.de](http://www.geo.bremen.de)

*Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung Hamburg*

[www.hamburg.de/startseite-landesbetrieb-geoinformation-und-vermessung](http://www.hamburg.de/startseite-landesbetrieb-geoinformation-und-vermessung)

*Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HVBG)*

[www.hvbg.hessen.de](http://www.hvbg.hessen.de)

*Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen Mecklenburg-Vorpommern*

[www.laiv-mv.de/land-mv/LAiV\\_prod/LAiV/AfGVK/index.jsp](http://www.laiv-mv.de/land-mv/LAiV_prod/LAiV/AfGVK/index.jsp)

*Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen*

[www.lgn.niedersachsen.de](http://www.lgn.niedersachsen.de)

*GEObasis.nrw*

[www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/organisation/abteilung07/index.html](http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/organisation/abteilung07/index.html)

[www.geobasis.nrw.de](http://www.geobasis.nrw.de)

*Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz*

[www.lvermgeo.rlp.de](http://www.lvermgeo.rlp.de)

*Landesamt für Kataster-, Vermessungs- und Kartenwesen Saarland*

[www.saarland.de/kataster\\_vermessung\\_karten.htm](http://www.saarland.de/kataster_vermessung_karten.htm)

[www.lkvk.saarland.de](http://www.lkvk.saarland.de)

*Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN)*

[www.landesvermessung.sachsen.de](http://www.landesvermessung.sachsen.de)



Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (LVermGeo)  
[www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de](http://www.lvermgeo.sachsen-anhalt.de)

Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein  
[www.lverma.schleswig-holstein.de](http://www.lverma.schleswig-holstein.de)

Landesamt für Vermessung und Geoinformation Thüringen  
[www.thueringen.de/de/tlvermgeo](http://www.thueringen.de/de/tlvermgeo)

## Auswahl von Veröffentlichungen zur Flächenbewertung für die kommunale Praxis

- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit/Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2009): Flächenmanagement-Datenbank – Das umfassende Werkzeug für das kommunale Flächenmanagement (CD), München.
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.) (2003): Kommunales Flächenressourcen-Management, München.
- European Land and Soil Alliance (ELSA) (Hrsg.) (2006): Vorsorgender Bodenschutz und kommunale Planung. Bodenbewertung. 5. Internationale Jahrestagung, 14. und 15. Dezember 2006, Osnabrück.
- Großmann, Tobias (2006): Brachflächen: Instrument zur Eignungsbewertung und Potenzialanalyse, Nürtingen-Geislingen.
- Gunreben, Marion (2005): Bodenbewertung in Planungs- und Zulassungsverfahren, in: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 107 (2005) 2, S. 725–726.
- Kübler, Armin (2004): Kommunale Bodenschutzkonzepte – Bewertung, Monitoring und Management von Bodenressourcen, vorgestellt am Beispiel Stuttgart. Neue Möglichkeiten der Nachhaltigkeit im kommunalen Bodenschutz durch Kombination von Bodenbewertung, Bodenindikatoren und Strategien zur haushälterischen Bewirtschaftung lokaler Bodenressourcen, Stuttgart.
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ) (Hrsg.): Vom Brachflächenkataster zum Flächenmanagement, Hildesheim.
- Schrenk, Volker, und Thomas Schlicher (2004): Entwicklung einer EDV-gestützten Bewertungs-Matrix und Datenbank zur Ableitung übertragbarer Kriterien für ein systematisiertes Flächenrecycling in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Stahr, Karl, Dorothea Stasch und Oliver Beck (2003): Entwicklung von Bewertungssystemen für Bodenressourcen in Ballungsräumen, Hohenheim.
- Streich, Bernd (1998): Bewertungs- und Entscheidungsmethoden, in: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) (Hrsg.): Methoden und Instrumente räumlicher Planung, Hannover.
- Stuttgart, Stadtplanungsamt (Hrsg.)/TU Karlsruhe, Institut für Städtebau und Landesplanung (Bearb.)/Kommunalentwicklung LEG Baden-Württemberg GmbH (Bearb.) (2003): Nachhaltiges Bauflächenmanagement Stuttgart (NBS). Schlussbericht, Stuttgart.







Eine Publikation des Förderprogramms „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement“ (REFINA) im Rahmen des Programms „Forschung für die Nachhaltigkeit“ (FONA) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).



## Kontakt

### Projektträger

**Forschungszentrum Jülich GmbH**

**Projektträger Jülich**

Maïke Hauschild, Silke Hildebrandt

Zimmerstraße 26–27

D-10969 Berlin

Telefon: +49(0)30/2 01 99-511/-454

Fax: +49(0)30/2 01 99-430

E-Mail: [m.hauschild@fz-juelich.de](mailto:m.hauschild@fz-juelich.de)

[s.hildebrandt@fz-juelich.de](mailto:s.hildebrandt@fz-juelich.de)

Web: [www.fz-juelich.de/ptj/](http://www.fz-juelich.de/ptj/)



### Projektübergreifende Begleitung

**Deutsches Institut für Urbanistik GmbH**

Dr. Stephanie Bock

Zimmerstraße 13–15

D-10969 Berlin

Telefon: +49(0)30/3 90 01-189

Fax: +49(0)30/3 90 01-269

E-Mail: [refina@difu.de](mailto:refina@difu.de)

Web: [www.difu.de](http://www.difu.de)



REFINA im Internet:

**[www.refina-info.de](http://www.refina-info.de)**

ISBN: 978-3-88118-444-1